

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»

О.В. Шевченко, А.Ю. Бєляєва

МЕТАЛОРІЗАЛЬНІ ВЕРСТАТИ.

Кінематичний аналіз

ПРАКТИКУМ ДО ВИКОНАННЯ
ПРАКТИЧНИХ ТА ЛАБОРАТОРНИХ РОБІТ

*Рекомендовано Методичною радою КПІ ім. Ігоря Сікорського
як навчальний посібник для здобувачів ступеня бакалавра за спеціальностями
131 «Прикладна механіка», 133 «Галузеве машинобудування»*

Київ
КПІ імені Ігоря Сікорського
2019

Рецензенти: *Пасічник В.А.*, д-р техн.наук, проф.
Данильченко Ю.М., д-р техн.наук, проф.
Відповідальний редактор *Кузнєцов Ю.М.*, д-р техн.наук, проф.

*Гриф надано Методичною радою КПІ ім. Ігоря Сікорського за поданням Вченої ради
Механіко-машинобудівного інституту(протокол № 6 від 21.02.2019 р.)*

Електронне мережне навчальне видання

Шевченко Олександр Віталійович, д-р техн. наук, проф.
Беляєва Анастасія Юріївна, канд. техн. наук, доц.

МЕТАЛОРІЗАЛЬНІ ВЕРСТАТИ.

Кінематичний аналіз

Металорізальні верстати. Кінематичний аналіз. Практикум до виконання практичних та лабораторних робіт [Електронний ресурс]: Навч. посібник для студ. спеціальностей 131 «Прикладна механіка» та 133 «Галузеве машинобудування», спеціалізації «Металорізальні верстати та системи» / О.В. Шевченко, А.Ю. Беляєва ; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Електронні текстові дані (1 файл: 6,5 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2019. – 86 с.

Розглянуто кінематичні, конструктивні особливості та налагодження металорізальних верстатів і іншого металообробного обладнання. Викладено принципи кінематичного настроювання верстатів. Визначено форму і порядок складання рівнянь кінематичного балансу та формул настроювання для кінематичних ланцюгів верстата. Наведено перелік умовних позначень елементів кінематичних схем верстатів. Наведено інструкції до виконання практичних та лабораторних робіт на базі металорізальних верстатів токарної та зубообробної груп.

Матеріали є базовими для подальшого вивчення особливостей конструкцій та проектування верстатів-автоматів та автоматичних ліній, верстатів з ЧПК, верстатних комплексів та промислових роботів, особливостей експлуатації верстатів.

Для студентів вищих навчальних закладів, які навчаються за бакалаврською програмою спеціальностей 131 «Прикладна механіка» та 133 «Галузеве машинобудування».

© О.В. Шевченко, А.Ю. Беляєва, 2019

© КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2019

ЗМІСТ

ВСТУП	5
1. КІНЕМАТИЧНЕ НАСТРОЮВАННЯ ВЕРСТАТІВ	6
1.1. Виконавчі рухи верстата. Класифікація рухів	6
1.2. Постійні кінематичного ланцюга	7
1.3. Кінематичне узгодження рухів. Рівняння кінематичного балансу	9
1.4. Кінематичне настроювання. Формула настроювання	11
1.5. Кінематична схема верстату	14
1.6. Контрольні запитання та завдання	14
2. ІНСТРУКЦІЇ ДО ВИКОНАННЯ ПРАКТИЧНИХ РОБІТ	19
2.1. Вивчення кінематики і конструкції одношпиндельного токарно-револьверного автомату	19
2.1.1. Призначення і принцип роботи одношпиндельного токарно-револьверного автомату	19
2.1.2. Конструктивні особливості вузлів одношпиндельного токарно-револьверного автомату	27
2.1.3. Техніка безпеки під час роботи на верстаті	32
2.1.4. Оформлення звіту	32
2.1.5. Контрольні запитання	32
2.2. Настроювання токарно-затилувального верстата	33
2.2.1. Ознайомлення з призначенням і принципом роботи верстата	33
2.2.2. Кінематика, будова і настроювання верстата	38
2.2.3. Комплект змінних коліс верстата	47
2.2.4. Варіанти завдань для кінематичного настроювання верстата	48
2.2.5. Оформлення звіту	49
2.2.6. Контрольні запитання	49
2.3. Настроювання універсальної ділильної головки	50
2.3.1. Призначення і принцип роботи УДГ	50

2.3.2. Кінематика та будова УДГ	51
2.3.3. Настроювання УДГ	52
2.3.4. Варіанти завдань для кінематичного настроювання УДГ	60
2.3.5. Оформлення звіту	61
2.3.6. Контрольні запитання	61
3. ІНСТРУКЦІЇ ДО ВИКОНАННЯ ЛАБОРАТОРНИХ РОБІТ	62
3.1. Настроювання зубодовбального верстата на обробку прямозубих коліс	62
3.1.1. Призначення і принцип роботи зубодовбальних верстатів	62
3.1.2. Кінематика верстата, його будова та налагодження	64
3.1.3. Послідовність настроювання верстата	69
3.1.4. Техніка безпеки під час роботи на верстаті	70
3.1.5. Варіанти завдань для кінематичного настроювання верстата	71
3.1.6. Оформлення звіту	72
3.1.7. Контрольні запитання	72
3.2. Настроювання зубофрезерного верстата на обробку циліндричних коліс	73
3.2.1. Призначення і принцип роботи зубофрезерних верстатів, що працюють черв'ячною фрезою	73
3.2.2. Кінематика і налагодження верстата	76
3.2.3. Настроювання верстата на обробку заданої деталі	88
3.2.4. Варіанти завдань для кінематичного настроювання верстата	89
3.2.5. Техніка безпеки під час роботи на верстаті	90
3.2.6. Оформлення звіту	90
3.2.7. Контрольні запитання	90
ЛІТЕРАТУРА	91

ВСТУП

Практикум до виконання практичних та лабораторних робіт є навчальним посібником з дисципліни «Металорізальні верстати» розділ «Кінематичний аналіз металорізальних верстатів», що призначений для студентів вищих навчальних закладів, які навчаються за спеціальностями 131 «Прикладна механіка» та 133 «Галузеве машинобудування».

Дисципліна "Металорізальні верстати" належить до циклу професійно-орієнтованих дисциплін і базується на попередніх знаннях з фундаментальних та професійно-орієнтованих дисциплін, зокрема таких, як "Теорія механізмів і машин", "Теоретична механіка", "Опір матеріалів", "Різальний інструмент", "Деталі машин", тощо.

Дисципліна повинна сформувати у студентів знання з принципів побудови кінематичних зв'язків з метою формоутворення поверхонь, норм експлуатації металообробного обладнання, проектування та налагодження верстатів, розрахунків їх основних вузлів, механізмів та деталей.

Дисципліна є базовою для подальшого вивчення особливостей конструкцій та проектування верстатів-автоматів та автоматичних ліній, верстатів з ЧПК та промислових роботів, особливостей експлуатації верстатів.

Виконання наведених в посібнику практичних та лабораторних робіт сприятиме придбання студентами знань з кінематики, конструктивних особливостей та налагодження металорізальних верстатів та набуттю практичних навиків з їх експлуатації.

Посібник складається з 3 розділів.

В *першому розділі* викладено принципи кінематичного настроювання верстатів. Визначено форму і порядок складання рівнянь кінематичного балансу та формул настроювання для кінематичних ланцюгів верстата. Наведено перелік умовних позначень елементів кінематичних схем верстатів.

В *другому розділі* наведено інструкції до виконання практичних робіт на базі верстатів токарної групи та ділильної головки.

В *третьому розділі* наведено інструкції до виконання лабораторних робіт на базі верстатів зубообробної групи.

1. КІНЕМАТИЧНЕ НАСТРОЮВАННЯ ВЕРСТАТІВ

1.1. Виконавчі рухи верстата. Класифікація рухів

В процесі обробки робочі органи верстата здійснюють узгоджені рухи, які називають *виконавчими рухами* (рис.1.1). За призначенням виконавчі рухи поділяють на формоутворюючі (Φ), установчі ($Уст$), ділильні ($Д$), керування ($К$), допоміжні ($Доп$). Всі формоутворюючі рухи одночасно є робочими рухами, або рухами різання. Робочі рухи інструменту і заготовки в процесі різання поділяють на головний рух та рух подачі. *Головним* називають рух, що здійснюється із швидкістю різання і позначається - Φ_v . Рух подачі має меншу швидкість і позначається - Φ_s [1].

Установчими називають рухи заготовки та інструменту, необхідні для їх позиціювання в положення, що забезпечує за допомогою формоутворюючих рухів отримання поверхонь заданого розміру. Установчий рух, при якому відбувається різання, називають *врізанням* (позначається $Вр$), а рух, при якому різання не відбувається називають *налагоджувальним рухом* (позначається $Нл$).

Ділильними називають рухи, що необхідні для забезпечення рівномірного розміщення на заготовці однакових поверхонь. Ділильні рухи можуть бути періодичними ($Пер$) або неперервними ($Неп$), що визначається конструкцією різального інструменту та методом формоутворення повторюваного профілю. Неперервні ділильні рухи суміщені в часі з процесом обробки, тому по структурі зазвичай співпадають з одним із формоутворюючих рухів.

До рухів *керування* відносять ті, що здійснюють органи керування, регулювання та координації всіх інших виконавчих рухів верстата.

До *допоміжних* рухів відносяться рухи, що забезпечують встановлення, затискання, розтискання, транспортування заготовки та інструменту в зону різання, охолодження, змащування, видалення стружки, правку інструменту тощо.

На рис. 1.1 наведено загальну класифікацію рухів у верстатах.



Рис. 1.1. Класифікація рухів у верстатах

1.2. Постійні кінематичного ланцюга

Кожен виконавчий рух у верстатах здійснюється кінематичною групою, тому кінематична структура верстата являє собою сукупність кінематичних груп.

Кінематична група – це сукупність джерела руху, виконавчого органу (органів), кінематичних зв'язків та органів настроювання, які забезпечують необхідні параметри руху. Назва КГ зазвичай відповідає назві створюваного нею виконавчого руху.

В кінематичній групі верстату передача руху від джерела руху до виконавчих органів здійснюється за допомогою кінематичних ланцюгів.

Кінематичний ланцюг – сукупність ряду передач, що забезпечують передачу руху від початкової ланки до кінцевої, наприклад, від електродвигуна до шпинделя або від шпинделя до супорта. Кінематичні ланцюги складаються з окремих елементів, які називаються *ланками*.

Дві взаємодіючі між собою ланки складають *кінематичну пару* або *передачу*. Передачі передають рух від однієї ланки до іншого (*передачі типу „обертання – обертання”*) або перетворюють один рух в інший (*передачі типу „обертання – поступальний рух”*).

„обертання – поступальний рух”). Елемент, який передає рух, називається *ведучим* (позначається індексом 1), а який отримує рух – *веденим* (позначається індексом 2).

Для передачі рухів у верстатах переважно використовуються шість типів передач: пасові, ланцюгові, зубчасті з циліндричними (осі паралельні) і конічними (осі перпендикулярні) колесами, черв'ячні, рейкові і гвинтові (рис. 1.2).

Кожна передача характеризується *параметром*, який дозволяє знайти переміщення веденої ланки при заданому переміщенні ведучої ланки. Ці параметри називаються *постійними кінематичного ланцюга*.

Параметром передач типу „обертання – обертання” (рис. 1.2, а÷д) є *передавальне відношення*, яке є безрозмірною величиною і у загальному випадку визначається залежністю:

$$i = \frac{n_2}{n_1} = \frac{z_1}{z_2} = \frac{d_1}{d_2},$$

де n_i , z_i , d_i - частота обертання, число зубів або діаметр i -ї ланки передачі.

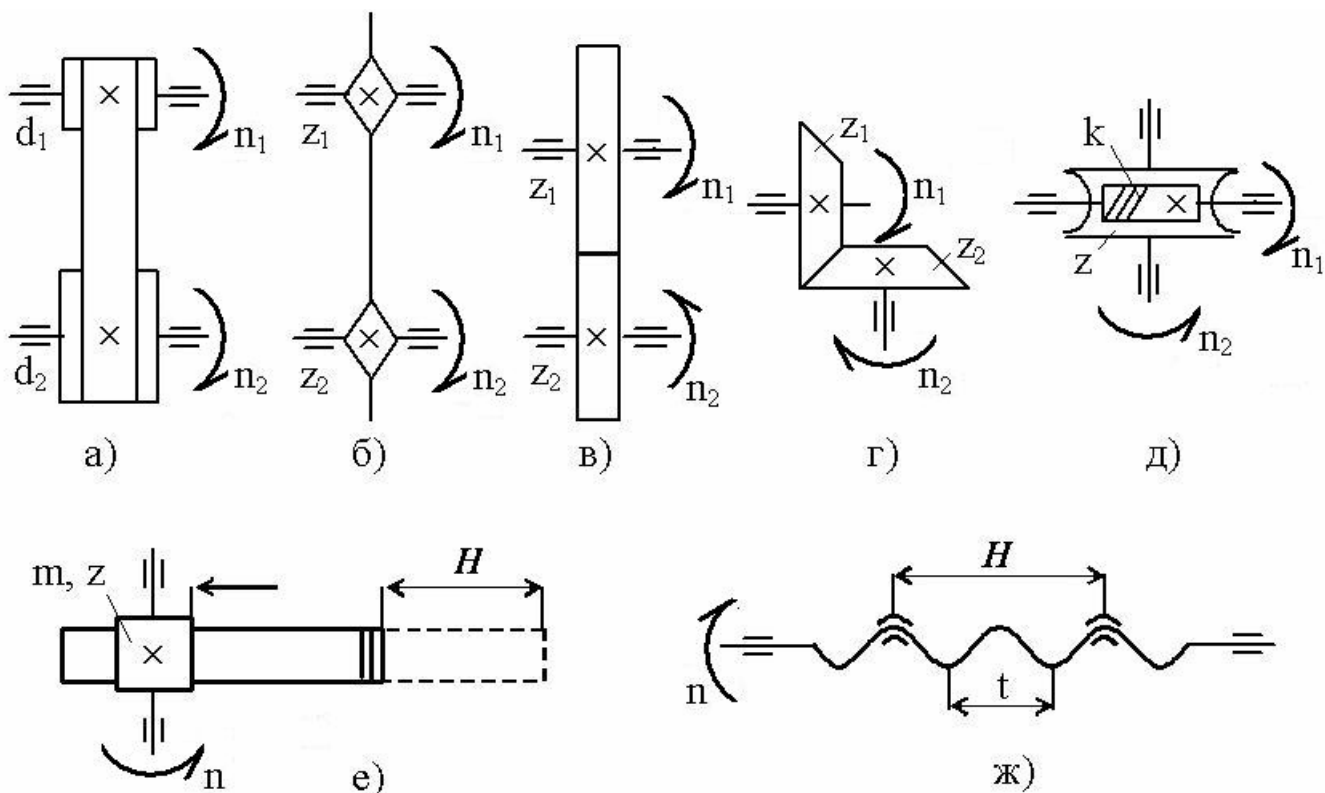


Рис 1.2. Основні типи передач металорізальних верстатів:

а – пасова; б – ланцюгова; в, г – зубчасті; д – черв'ячна; е – рейкова; ж – гвинтова

Передавальне відношення ланцюгових (рис. 1.2, б) і зубчастих (рис. 1.2, в, г) передач:

$$i = \frac{z_1}{z_2}.$$

Передавальне відношення пасових передач (рис. 1.2, а):

$$i = \frac{d_1}{d_2} \times \eta,$$

де η - к.к.д. передачі, що враховує проковзування паса. Для плоско- і клинопасових передач $\eta = 0,97 \div 0,98$.

Передавальне відношення черв'ячних передач (рис. 1.2, д):

$$i = \frac{k}{z},$$

де k - число заходів черв'яка;

z - число зубів черв'ячного колеса.

Параметром передач типу „*обертання – поступальний рух*” (рис. 1.2, е, ж) є параметр H , який визначає величину лінійного переміщення веденої ланки за 1 оберт ведучої і має розмірність *мм*.

Параметр гвинтової передачі (рис. 1.2, д):

$$H = k \times p, \text{ (мм)},$$

де p - крок гвинта, *мм*;

k - число заходів гвинта.

Параметр рейкової передачі (рис. 1.2, е):

$$H = \pi \times m \times z, \text{ (мм)},$$

де m - модуль зачеплення, *мм*;

z - число зубів рейкового колеса.

1.3. Кінематичне узгодження рухів. Рівняння кінематичного балансу

Рухи початкової і кінцевої ланок кінематичного ланцюга узгоджуються між собою і записуються у вигляді відповідних розрахункових переміщень.

У більшості випадків початкові ланки кінематичних ланцюгів виконують обертальний рух, а кінцеві – отримують як обертальний так і поступальний рухи. Тому умови кінематичного узгодження рухів (розрахункові переміщення) початкової і кінцевої ланок кінематичних ланцюгів записують у вигляді:

– для обертальних кінцевих ланок:

$$n_n \text{ (об/хв)} \rightarrow n_k \text{ (об/хв)};$$

– для поступально рухомих кінцевих ланок:

$$n_n \text{ (об/хв)} \rightarrow s_k \text{ (мм/хв)} \text{ або } n_n \text{ (об)} \rightarrow s_k \text{ (мм/об)}.$$

Рівняння, яке пов'язує розрахункові переміщення початкової та кінцевої ланок, називають *рівнянням кінематичного ланцюга* або *рівнянням кінематичного балансу*.

Оскільки за виключенням привідної кінематичної пари, кінематичний ланцюг з поступально рухомою кінцевою ланкою виконується обертальним, то *основним параметром* будь-якого кінематичного ланцюга є передавальне відношення $i_{заг}$:

$$i_{заг} = \frac{n_{ко}}{n_{но}} = i_{1о} \times i_{2о} \times i_{3о} \times \dots \times i_{ко}, \quad (1.1)$$

де: $n_{но}$ - частота обертання початкової обертальної ланки;

$n_{ко}$ - частота обертання кінцевої обертальної ланки;

$i_{1о}, i_{2о}, i_{3о}, i_{ко}$ - передавальні відношення послідовних обертальних кінематичних пар ланцюга (передач типу „*обертання – обертання*”).

З врахуванням цього рівняння кінематичного балансу набудуть вигляду:

– для обертальних кінцевих ланок:

$$n_n \times i_{заг} = n_k \text{ (об/хв)}; \quad (1.2)$$

– для поступально рухомих кінцевих ланок:

$$n_n \times i_{заг} \times H = s_k \text{ (мм/хв)} \text{ або } \text{ (мм/об)}. \quad (1.3)$$

1.4. Кінематичне настроювання. Формула настроювання

В кінематичних ланцюгах можуть розміщуватись як постійні, так і змінні кінематичні пари (змінні шестерні, кулачки, копії тощо), які й використовуються для настроювання цих ланцюгів.

Кінематичне настроювання верстатів – настроювання його кінематичних ланцюгів, яке забезпечує необхідні параметри рухів виконавчих органів верстата, а також, при необхідності, умови кінематичного узгодження переміщень або швидкостей виконавчих органів між собою.

Як органи настроювання частоти обертання кінцевих ланок в обертальних кінематичних ланцюгах використовуються гітари змінних зубчастих коліс або пасових передач (рис. 1.3, а), блоки пересувних зубчастих коліс (рис. 1.3, б), варіатори, автоматичні коробки швидкостей і подач з електромагнітними муфтами, регульовані електродвигуни тощо.

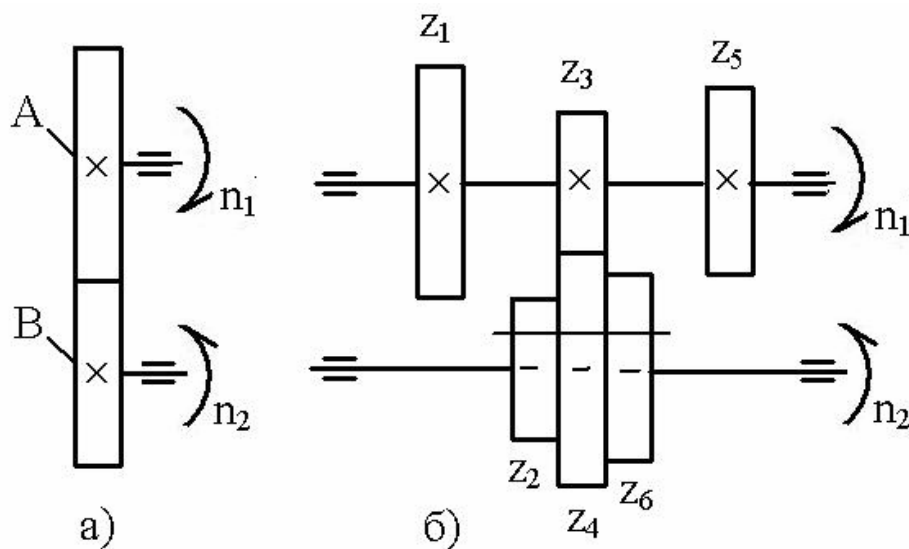


Рис. 1.3. Механізми регулювання частоти обертання:

а – гітара змінних зубчастих коліс, б - блок пересувних зубчастих коліс

Характеристикою органів настроювання є загальне передавальне відношення $i_{он}$ органа при обході кінематичного ланцюга в напрямку від початкового елемента до кінцевого (від ведучого до веденого), або $1/i_{он}$ при

зворотному обході. Наприклад, передавальні відношення $i_{он}$ для органів настроювання, представлених на рис. 1.3 будуть такими:

- для гітари змінних зубчастих коліс:

$$i_{он} = \frac{A}{B}$$

- для блоку пересувних зубчастих коліс:

$$i_{он} = \frac{\frac{z_1}{z_2} \cdot \frac{z_3}{z_4} \cdot \frac{z_5}{z_6}}$$

В останньому випадку орган настроювання може приймати одне з трьох значень передавальних відношень ($N_{он} = 3$), а саме:

$$i_1 = \frac{z_1}{z_2}, \text{ або } i_2 = \frac{z_3}{z_4}, \text{ або } i_3 = \frac{z_5}{z_6}.$$

Необхідно зауважити, що при наявності в кінематичному ланцюзі декількох блоків пересувних коліс, передавальні відношення $i_{он}$ органу настроювання та їх загальна кількість $N_{он}$ визначаються за залежностями:

$$i_{он} = i_{онI} \times i_{онJ} \times \dots \times i_{онK} \text{ і } N_{он} = N_{онI} \times N_{онJ} \times \dots \times N_{онK},$$

де $i_{онI}$, $i_{онJ}$, $i_{онK}$ та $N_{онI}$, $N_{онJ}$, $N_{онK}$ - передавальні відношення та їх кількість для I -го, J -го і K -го блоків пересувних коліс.

З врахуванням передавального відношення $i_{он}$ органу настроювання, загальне передавальне відношення $i_{заг}$ (1.1) кінематичного ланцюга записується у вигляді:

$$i_{заг} = i_C \times i_{он}, \quad (1.4)$$

де i_C - загальне передавальне відношення ділянок кінематичного ланцюга із постійними кінематичними парами.

З врахуванням (1.4) рівняння кінематичного балансу (1.2) і (1.3) набудуть вигляду:

- для обертальних кінцевих ланок:

$$n_n \times i_C \times i_{он} = n_k \text{ (об/хв)}; \quad (1.5)$$

- для поступально рухомих кінцевих ланок:

$$n_n \times i_C \times i_{он} \times H = s_k \text{ (мм/хв) або (мм/об)}. \quad (1.6)$$

Невідомими в рівняннях (1.5) і (1.6) є числова характеристика органу настроювання, тобто $i_{он}$. Розв'язуючи ці рівняння відносно $i_{он}$ отримуємо *формулу настроювання*.

Тобто *формула настроювання* – це залежність між розрахунковим переміщенням кінцевої ланки кінематичного ланцюга та відповідною числовою характеристикою органа настроювання:

- для обертальних кінцевих ланок:

$$i_{он} = \frac{n_k}{n_n \times i_C};$$

- для поступально рухомих кінцевих ланок:

$$i_{он} = \frac{s_k}{n_n \times i_C \times H}.$$

Кінцевою метою настроювання є підбір та установка відповідних зубчастих коліс в гітарах змінних коліс; вибір зачеплення відповідних зубчастих коліс в коробках швидкостей і подач тощо.

З врахуванням вище наведеного, порядок настроювання кінематичних ланцюгів буде таким:

1. По кінематичній схемі верстата визначити кінематичний ланцюг, в якому розміщений даний орган настроювання.

2. Для даного кінематичного ланцюга скласти умови кінематичного узгодження переміщень або швидкостей його кінцевих ланок.

3. Скласти рівняння кінематичного балансу кінематичного ланцюга, в якому невідомим є передавальне відношення $i_{он}$ ($1/i_{он}$) органа настроювання.

4. Визначити формулу настроювання шляхом розв'язання рівняння кінематичного балансу відносно передавального відношення.

1.5. Кінематична схема верстату

Кінематичною схемою верстата називають сукупність кінематичних ланцюгів з умовними зображеннями механізмів, вписаних в контур верстата.

При складанні кінематичних схем використовують умовні позначення згідно ГОСТ 2.770-68, табл. 1.1 [2, 3].

Основні елементи кінематичних схем позначають порядковими номерами, або вписують числові значення діапазонів шківів, чисел зубів зубчастих коліс, їх модулі і таке інше.

1.6. Контрольні запитання та завдання

1. Які основні типи передач використовуються в металорізальних верстатах і якими параметрами вони характеризуються?

2. В чому полягає подібність і відмінність форм запису рівнянь кінематичного балансу ланцюгів з обертальними і поступально рухомими кінцевими ланками?

3. Які задачі вирішує процедура кінематичного настроювання верстатів?

4. Які особливості властиві процедурам кінематичного настроювання ланцюгів з органами настроювання у вигляді гітар змінних зубчастих коліс і блоків пересувних зубчастих коліс?

5. Як визначаються формули настроювання кінематичних ланцюгів?

Таблиця 1.1. Умовні позначення елементів кінематичних схем (ГОСТ 2.770-68)

Найменування	Позначення	Найменування	Позначення
З'єднання двох валів: - глухе;		Муфти: - фрикційні одно- та двосторонні;	
- еластичне;			
- шарнірне;			
- телескопічне			
З'єднання деталі з валом: - вільне при обертанні;		- електромагнітні одно- та двосторонні;	
- рухоме без обертання;			
- витяжною шпонкою;			
- глухе			
Підшипник ковзання: - радіальний;		- кулачкові одно- та двосторонні;	
- радіально-упорний			
Підшипники кочення: - радіальний;		- обгінна одностороння	
- радіально-упорний;			
- радіально-упорний двосторонній;		Пасові передачі:	
- упорні одно- та двосторонні;			
- упорно-радіальний;		- клиновим пасом;	
- дворядний роликовий шпиндельний			
		- зубчастим пасом	

Найменування	Позначення	Найменування	Позначення
Гальма колодочні та дискові		Ланцюгова передача	
Зубчасті передачі: - циліндрична;		Передача рейкова	
- конічна;		Передача ходовий гвинт з гайкою:	
- черв'ячна з циліндричним черв'яком		- не рознімною;	
		- рознімною	

6. Для нижче наведених рівнянь кінематичного балансу накресліть кінематичну схему ланцюга і визначте формулу його настроювання:

$$n_D \times \left\langle \begin{array}{c} z_1 \\ z_2 \\ z_3 \\ z_4 \\ z_5 \\ z_6 \end{array} \right\rangle \times \left\langle \begin{array}{c} z_7 \\ z_8 \\ z_9 \\ z_{10} \end{array} \right\rangle = n_{unn} \text{ (об/хв)}$$

$$n_D \times \frac{d_1}{d_2} \times \eta_{nn} \times \left\langle \begin{array}{c} z_1 \times z_3 \\ z_2 \quad z_4 \end{array} \right\rangle = n_{unn} \text{ (об/хв)}$$

$$n_D \times \frac{z_1}{z_2} \times \frac{a}{b} \times \frac{z_3}{z_4} = n_{unn} \text{ (об/хв)}$$

$n_D = 1440 \text{ об/хв}$
 Д
 $\text{Ø}80$
 $\text{z}=18$
 $\text{z}=32$
 $\text{z}=24$
 $\text{z}=42$
 $\text{z}=48$
 a
 b
 c
 d
 n_{unn}
 t
 $S_{нозд}$
 $P=10 \text{ мм}$

17

Таблиця 1.2. Настроювання дванадцятиступеневої коробки швидкостей

Варіант №	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Частота обертання шпинделя, $n_{\text{шп}}$, об/хв	23	33	48	62	89	129	180	259	376	486	701	1015

Таблиця 1.3. Настроювання токарно-гвинторізного верстата

Варіант №	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Номинальний діаметр різьби, d , мм	20	24	30	36	42	48	56	64	72	80
Крок різьби, t , мм	2,5	3	3,5	4	4,5	5	5,5	6	6	6
Швидкість різання, v_p , м/хв	35	32	31	29	26	23	21	21	21	21

Примітка:

1. Частота обертання шпинделя $n_{\text{шп}}$ визначається за залежністю: $n_{\text{шп}} = \frac{1000 \cdot v_p}{\pi \cdot d}$, об/хв.
2. Підбір зубчастих коліс гітари $A-B$ здійснюється з набору: $z = 19; 21; 23; 25; 30; 35; 41; 46; 52; 57; 62; 64; 66; 68$. Умова підбору: $A+B = 87$.
3. Підбір зубчастих коліс гітари $a-b-c-d$ здійснюється з набору: $z = 20; 25; 30; 35; 40; 50; 55; 60; 70; 80; 90; 100$. Умова підбору: $a+b \geq c+20; c+d \geq b+20; 145 \leq a+b+c+d \leq 260$.

2. ІНСТРУКЦІЇ ДО ВИКОНАННЯ ПРАКТИЧНИХ РОБІТ

2.1. Вивчення кінематики і конструкції одношпиндельного токарно-револьверного автомату

Мета роботи: Ознайомлення з принципом роботи одношпиндельного токарно-револьверного автомату, його призначенням, кінематикою та особливостями роботи основних вузлів і механізмів

Порядок виконання роботи

1. Ознайомлення із призначенням і принципом роботи верстата.
2. Вивчення кінематики та особливостей роботи основних вузлів і механізмів.

2.1.1. Призначення і принцип роботи одношпиндельного токарно-револьверного автомату

Токарно-револьверні автомати призначені для обробки деталей складної конфігурації (із співвідношенням довжини до діаметру $l/d = 3 \div 5$) за рахунок застосування декількох послідовно або паралельно працюючих інструментів в умовах крупносерійного та масового виробництва [4].

У якості заготовки використовується пруток (круглий, шестигранний або квадратний довжиною до 6 м), що пропускається через направляючу трубу до упору і закріплюється в шпинделі верстата цанговим патроном. Різальний інструмент закріплюється в багатопозиційній револьверній головці і на поперечних супортах. Різальними інструментами револьверної головки, що має поздовжнє переміщення, виконується обточування, обробка отворів і нарізання різьби мітчиками і плашками, а інструментом з поперечних супортів - обробка фасонних поверхонь, підрізання, зняття фасок і відрізання готової деталі. Застосовуючи спеціальні завантажувальні пристрої на автоматах, можна також обробляти литі, штамповані і попередньо оброблені заготовки.

У деяких моделях автоматів поперечні супорти мають додаткові повзуни, які отримують поздовжнє переміщення, що при використанні конусних лінійок

дозволяє обробляти конусні поверхні. При завантаженні шести позицій револьверної головки різальним інструментом для контролю довжини подачі прутка може бути застосований поворотний упор. Це розширює технологічні можливості верстата.

Наявність значної кількості допоміжних рухів, які виконуються послідовно, зокрема, перемикання швидкостей обертання шпинделя, зміна позиції револьверної головки, затиск і подача прутка та ін., зумовлює необхідність здійснення їх не від розподільних валів, а від швидкодіючих механізмів, встановлених на швидкообертових допоміжних валах, або пов'язаних з ними кінематично.

Додаткові відмінності одношпиндельних токарно-револьверних автоматів:

- основне ліве обертання шпинделя, що дозволяє зменшити кількість переключень при нарізанні правої різьби;
- виконання розподільного валу із декількох (двох-трьох) ділянок;
- можливість групового налагодження автомату за так-званою "комплексною" деталлю;
- необхідність використання каліброваних прутків.

Наявність основного правого обертання шпинделя на одношпиндельних токарно-револьверних автоматах викликало б збільшення переключень при нарізанні правої різьби (рис. 2.1, а), тому на верстатах цього типу для основних операцій точіння використано ліве швидке обертання шпинделя (рис. 2.1, б).

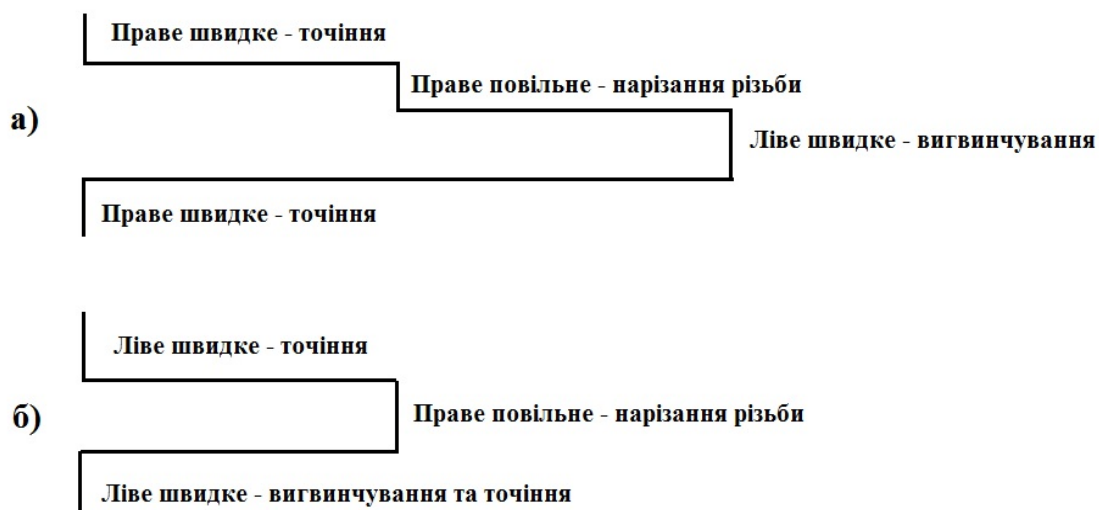


Рис. 2.1. Послідовність переключення швидкостей при основних правому (а) та лівому (б) обертанні шпинделя

На рис. 2.2 приведено принципову схему роботи токарно-револьверного автомату.

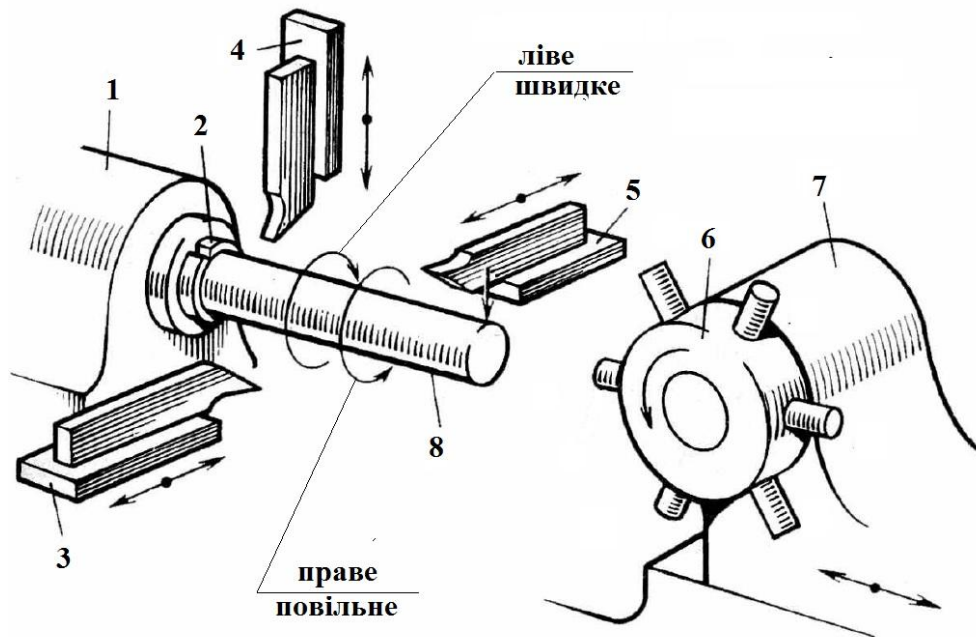


Рис. 2.2. Схема роботи токарно-револьверного автомату, де: 1 – шпиндельний вузол, 2 – шпиндель із затискним цанговим патроном, 3 – передній поперечний супорт, 4 – верхній поперечний супорт, 5 – задній поперечний супорт, 6 – шестипозиційна револьверна головка, 7 – позовжній револьверний супорт, 8 – пруток

Кінематична схема одношпиндельного токарно-револьверного автомату моделі "Тарекс" приведена на рис. 2.3.

Привод головного руху.

Ланцюг головного руху. Обертання шпинделя здійснюється електродвигуном $N = 5$ кВт, $n = 1420$ об./хв. через кінематичний ланцюг:

$$1420 \text{ об./хв.} \cdot \frac{50}{80} \cdot \frac{40}{80} \cdot \frac{m}{n} \cdot i_{\text{кшв}} \cdot \frac{22}{35} = n [\text{об.шп./хв.}],$$

де $i_{\text{кшв}}$ – передаточне відношення коробки швидкостей.

Привод головного руху. Коробка швидкостей забезпечує отримання двох правих і двох лівих обертань в одному налагодженні. Зміна числа обертів і напрямку обертання шпинделя здійснюється за рахунок переключення конусних фрикційних муфт. Передача обертання від коробки швидкостей на шпиндель здійснюється ланцюговою передачею. На нижньому валу коробки швидкостей вільно розташований блок **B**, що включає шестерні $z = 50$, $z = 75$ і зірочку ланцюгової передачі $z = 22$.

На верхньому валу коробки швидкостей на ковзаючій шпонці розміщена двостороння фрикційна муфта і вільно встановлені блоки: *A* - включає шестерню $z = 37$, зірочку ланцюгової передачі $z = 22$ і фрикційну напівмуфту; *C* - включає шестерню $z = 62$ і фрикційну напівмуфту. Чисто обертів нижнього валу коробки швидкостей дорівнює:

$$1420 \text{ об./хв.} \cdot \frac{50}{80} \cdot \frac{40}{80} = 445 \text{ об./хв.}$$

Обертання від нижнього валу на верхній передається за допомогою змінних коліс *m* та *n*, що регулюють діапазон швидкостей обертання шпинделя.

При включенні фрикційної муфти коробки швидкостей вправо обертання отримують: блок *A*, блок *B* через пару коліс 37/75 та блок *C* через пару коліс 50/62. У цьому випадку рух на шпиндель може бути передано або зірочкою блоку *A*, або через передачу 37/75 зірочкою блоку *B*.

При включенні фрикційної муфти коробки швидкостей вліво обертання отримують: блок *C*, блок *B* через пару коліс 62/50 та блок *A* через пару коліс 75/37. У цьому випадку рух на шпиндель може бути передано або зірочкою блоку *B* або через передачу 75/37 зірочкою блоку *A*.

Зірочки верхнього і нижнього валу коробки швидкостей обертаються у протилежних напрямках. При перемиканні фрикційної муфти в коробці швидкостей напрямок обертання зірочок не зміниться. Зірочка верхнього валу коробки через ланцюг передає шпинделю **швидке ліве** обертання, а зірочка нижнього валу коробки – **повільне праве** обертання.

Правим називається такий напрямок обертання шпинделя, при якому за рахунок поздовжньої подачі різального інструменту (різця, плашки, мітчика) в сторону виробу, що закріплений в шпинделі, забезпечується нарізання правої різьби.

На шпинделі верстата вільно встановлені блоки *E* та *F*, що складаються з зірочок $z = 35$ і фрикційних напівмуфт. Між блоками *E* та *F* на ковзаючій шпонці встановлена двостороння фрикційна муфта.

Таким чином шпиндель при визначеній парі змінних зубчастих коліс *m* та *n* може мати чотири швидкості, що автоматично перемикаються на ходу: дві

повільного правого і дві швидкого лівого обертання. Швидкості правого обертання в два або п'ять разів менше максимальної швидкості лівого обертання.

Із врахуванням встановленого числа зубів пари змінних коліс m та n число обертів шпинделя можна визначити за табл. 2.1.

Таблиця 2.1. Перемикання фрикційних муфт приводу головного руху

Положення фрикційних муфт		Фрикційна муфта шпинделя увімкнена	
		вправо	вліво
Фрикційна муфта коробки швидкостей включена	вправо	$n_1 = 443 \frac{m}{n} \frac{22}{35}$	$n_2 = 443 \frac{m}{n} \frac{37}{75} \frac{22}{35} = \frac{1}{2} n_1$
	вліво	$n_3 = 443 \frac{m}{n} \frac{62}{50} \frac{75}{37} \frac{22}{35} = 2,5 n_1$	$n_4 = 443 \frac{m}{n} \frac{62}{50} \frac{22}{35} = 1,25 n_1$
напрямок обертання шпинделя		<i>ліве</i>	<i>праве</i>

При перемиканні фрикційної муфти коробки швидкостей число обертів шпинделя кожного напрямку змінюється в 2,5 рази. При перемиканні муфти шпинделя відбувається реверс шпинделя і змінюється число оборотів в 2 рази. Для виконання на верстаті обточування, розточування, свердління, зенкерування використовується швидке ліве обертання шпинделя, яке називається основним. Нарізання різьби виконується на значно нижчих швидкостях обертання. Крім того, більшість застосовуваних різьб - праві. Тому праве обертання шпинделя нижче обертів основного (лівого) обертання. Разом з тим, ліве обертання шпинделя використовується для швидкого вигвинчування інструменту при нарізанні правої різьби та для подальшого точіння і не потребує додаткового перемикання фрикційних муфт. Додаткове перемикання необхідно, якщо точіння, або інші види робіт, виконуються при правому обертанні шпинделя.

Механізми керування рухами верстата.

Послідовність рухів супортів, механізмів затиску і подачі матеріалу, перемикання швидкостей та ін. забезпечується за рахунок спеціальних змінних кулачків, що проектуються для обробки заданої або "комплексної" деталі, і керуючого механізму, що складається з допоміжних валів ***I*** і ***II*** та розподільних валів ***III***, ***IV*** і ***V***.

Управління робочими рухами здійснюється розподільними валами, один повний оберт яких відповідає часу (циклу) обробки однієї деталі. Розподільні вали ***III***, ***IV*** і ***V*** обертаються синхронно.

Допоміжні вали ***I*** і ***II*** отримують обертання від електродвигуна через ланцюг:

$$n_I = 1420 \frac{50}{80} \frac{22}{86} \frac{130}{240} 0,98 \frac{29}{29} = 120 \text{ об./хв. вала } I$$

$$n_{II} = 1420 \frac{50}{80} \frac{22}{86} \frac{130}{240} 0,98 \frac{29}{29} (I) \frac{40}{40} \frac{40}{40} = 120 \text{ об./хв. вала } II$$

На допоміжних валах ***I*** і ***II*** розміщені наступні механізми:

- кулачки 3 і 4 з самовимикаючими муфтами для перемикання фрикційних муфт шпинделя і коробки швидкостей;
- самовимикаюча муфта 5, що передає рух через шестерні $z = 20$ і $z = 40$, ланцюгову передачу 30/10, конічні колеса 16/48 на кулачки 23 і 24, які встановлені вільно на розподільному валу ***V*** і забезпечують через важелі роботу повзуна подачі 1 та муфти затиску 2 механізмів затиску і подачі прутка;
- циліндричний кулачок 6 із самовимикаючою муфтою, який через систему важіль - тяга - рейка - шестерня - вилка перемикає кулачкову муфту ***Д*** в положення «Верхнє» або «Нижнє», забезпечуючи відповідно включення швидкого або робочого обертання розподільних валів;
- шестерня $z = 24$, що вільно посаджена на допоміжному валу ***I*** і обертаються від нього через самовимикаючу муфту 7. Команди на включення муфт передаються від розподільного валу ***IV*** через важелі.

Розподільні вали. Обертання розподільних валів передається від допоміжного валу *I* за наступними кінематичними ланцюгами:

$$\left. \begin{array}{l}
 \text{Муфта } D \text{ в положенні "Верхнє"} \\
 120(I) \frac{26}{26} \cdot \frac{32}{32} \\
 \text{Муфта } D \text{ в положенні "Нижнє"}
 \end{array} \right\} \begin{array}{l}
 \left\{ \begin{array}{l}
 \frac{24}{24} \cdot \frac{1}{30} = n_{ув} \text{ вала III} = 4 \text{ об./хв.} \\
 \frac{19}{19} \cdot \frac{1}{30} = n_{ув} \text{ вала IV} = 4 \text{ об./хв.} \\
 \frac{19}{19} \cdot \frac{1}{30} \cdot \frac{35}{35} = n_{ув} \text{ вала V} = 4 \text{ об./хв.}
 \end{array} \right. \\
 \left\{ \begin{array}{l}
 \frac{54}{25} \frac{a}{b} \frac{c}{d} \frac{2}{30} \frac{24}{24} \\
 \left\{ \begin{array}{l}
 \frac{24}{24} \cdot \frac{1}{30} = n_p \text{ вала III;} \\
 \frac{19}{19} \cdot \frac{1}{30} = n_p \text{ вала IV;} \\
 \frac{19}{19} \cdot \frac{1}{30} \cdot \frac{35}{35} = n_p \text{ вала V.}
 \end{array} \right.
 \end{array} \right.
 \end{array}$$

При включенні кулачкової муфти *D* в положення «Верхнє» відбувається швидке обертання розподільних валів $n_{ув} = 4$ об./хв., а при включенні муфти *D* в положення «Нижнє» робоче обертання розподільних валів, частота обертання яких наструюється гітарою змінних коліс $(a \cdot c)/(b \cdot d)$ в залежності від заданої швидкості подачі різальних інструментів в процесі обробки деталей.

Наявний в верстаті ланцюг швидкого обертання розподільних валів забезпечує можливість «групової» обробки деталей, тобто обробки невеликих партій деталей, що мають спільні конструктивно-технологічні ознаки, з використанням однієї наладки. Для «групової» обробки таких деталей створюється так звана «комплексна» деталь, що містить всі елементарні поверхні (та їх з'єднання), які зустрічаються в деталях даної групи. На «комплексну» деталь складається карта технологічного процесу, проектуються кулачки, оправки, різальний інструмент і т.п.

При обробці деталі, що за конструктивно-технологічними ознаками є простішою, ніж «комплексна», вузли верстата виконують тільки частину робочих переходів, передбачених для «комплексної» деталі. В незадіяних для робочих переходів частинах циклу обробки деталі розподільні вали здійснюють швидке обертання, що скорочує циклові витрати часу для обробки деталей.

На розподільних валах *III*, *IV* і *V* закріплені змінні кулачки 21, 23, 24, 25, 27, 30 та керуючі барабани 22 і 26 з переставними командними кулачками.

Змінні кулачки 16, 18, 19, 20, 22, 25 через важелі і проміжні ланки здійснюють переміщення вузлів верстата. Кулачок 16 забезпечує робочу подачу револьверної головки. Кулачок 18 переміщує передній супорт перпендикулярно до осі шпинделя, а кулачок 22 рухає верхній повзун переднього супорта уздовж осі шпинделя. За рахунок конусної лінійки, встановленої на передньому супорті, проводиться обробка конусних поверхонь. При обробці фасонних поверхонь кулачки 18 і 22 здійснюють одночасно поперечну та поздовжню подачі переднього супорта. Кулачки 20 і 25 забезпечують переміщення вертикального (відрізного) та заднього супортів.

Переставні командні кулачки керуючих барабанів 17 і 21 через систему важелів включають самовимикаючі муфти, що передають рух від допоміжних валів *I* і *II* до кулачків 3, 4 і 6 та зубчастих коліс $z = 20$ і $z = 24$. При цьому відбуваються перемикання: - муфт шпинделя і коробки швидкостей; - швидкості обертання розподільних валів; - затиск-розтиск і подача прутка; - виконуються допоміжні рухи супортів та револьверної головки. Кулачок 19 підводить лоток 26 на час відрізки деталі.

2.1.2. Конструктивні особливості вузлів одношпиндельного токарно-револьверного автомату

На рис. 2.4 показана схема зміни інструментальної позиції револьверної головки, що відбувається після відведення з робочої зони револьверного супорта. Робоча подача револьверного супорта здійснюється від кулачка 16. Для швидкого відведення, розфіксації-повороту-фіксації в наступному положенні револьверної головки та швидкого підведення супорта в зону обробки використовуються пружина зворотного ходу 13 та кривошипно-шатунний механізм з приводом від допоміжного валу *I* (рис. 2.3).

До початку зміни позиції револьверної головки за командою самовимикаючої муфти 7 пружина 13 відводить супорт з робочої зони верстату,

при цьому зусилля пружини передається через вісь кривошипа 10, шатуна 11 і рухому зубчасту рейку 12 на зубчастий сектор 14, ролик 15 якого притискається до кулачка 16 і переміщує супорт на величину A , встановлюючи його на упор (рис. 2.4, а).

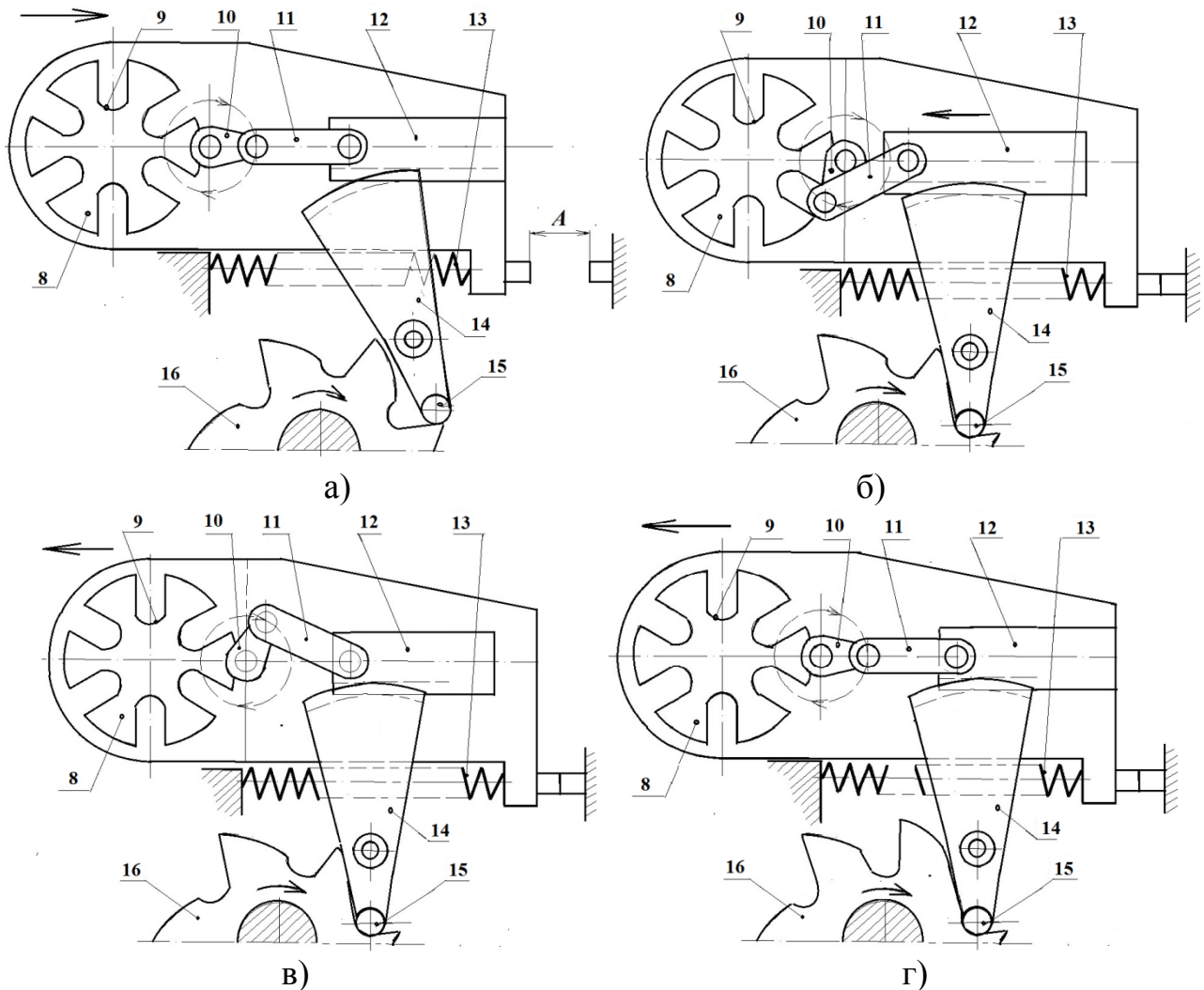


Рис. 2.4. Послідовність заміни інструментальної позиції револьверної головки

Від допоміжного валу *I* через зубчасті колеса 24/48, 48/24, 20/20 та 24/48 отримує обертання кривошип 10. При повороті кривошипа 10 його ролик входить в паз 9 мальтійського хреста 8 (рис. 2.4, б). В цей момент пальцевий фіксатор розфіксує револьверну головку, кривошип 10 повертає револьверну головку на одну позицію і в момент виходу ролика кривошипа 10 із пазу хреста 8 здійснюється фіксація револьверної головки від подальшого повороту.

Продовжуючи обертатися кривошип 10 через шатун 11 повертає зубчастий сектор 14 до контакту його ролика 15 з кулачком 16 (рис. 2.4, в). Після того, як вісі

кривошипа 10 і шатуна 11 встановлюються на одну лінію, супорт швидко подається в робочу зону верстата (рис. 2.4, г). Розподільні вали перемикаються на повільне обертання. Ролик 15 зубчатого сектору 14, контактуючи з криволінійною поверхнею кулачка 16, що має профіль «Архімедової» спіралі, забезпечує рівномірну робочу подачу револьверного супорту.

Самовимикаючі муфти, що встановлені на допоміжних валах (рис. 2.5), забезпечують передачу рухів від допоміжних валів до робочих органів автомату після свого ввімкнення від барабанів циклу 21 та 22 розподільного валу **IV** та зупиняють рухи робочих органів внаслідок свого автоматичного вимкнення. Послідовність ввімкнення самовимикаючих муфт настраюється у відповідності до циклограми роботи механізмів автомату.

На рис. 2.5 показана самовимикаюча муфта у ввімкненому стані. Палець 4, закріплений в важелі 15, утримує напівмуфту 3 вимкнутою. При обертанні розподільного вала 14 пов'язаний з ним командний кулачок 12 зустрічає в певний момент на своєму шляху клямку 13, що утримується натягом пружини 11, і повертає клямку до упору в важіль 15, а потім повертає і сам важіль 15. В наслідок повороту важеля 15 палець 4 виходить з виїмки вала 14, що дозволяє напівмуфті 3 під дією пружини 2 зайти в зачеплення з напівмуфтою 5, яка постійно обертається разом з валом 6, в результаті чого зубчасте колесо 1 отримує обертання.

Після закінчення роботи механізму, що приводиться в рух колесом 1, палець 4 під дією пружини 17 заскакує в широку частину фасонної виїмки **B** напівмуфти 3 і при подальшому обертанні нахилена ділянка профілю виїмки натискає на палець 4 і муфта вимикається. Додатково напівмуфта 3 для утворення зазору між кулачками напівмуфт 3 і 5 відводиться за допомогою фіксатора 10 під дією пружини 8.

Самовимикаюча муфта повинна залишатися ввімкненою дещо довше часу одного оберту вала 6. Для запобігання передчасного вмикання муфти служить кулачок 16, який отримує обертання від зубчастого колеса 1. При ввімкненій муфті гвинти 7 важелів 9 і 15 натикаються на кулачок 16, який тільки після

свого повного оберту за рахунок наявності лиски дозволяє пальцю 4 заскочити в фасонну виїмку **B**, а фіксатору 10 - в паз напівмуфти 3.

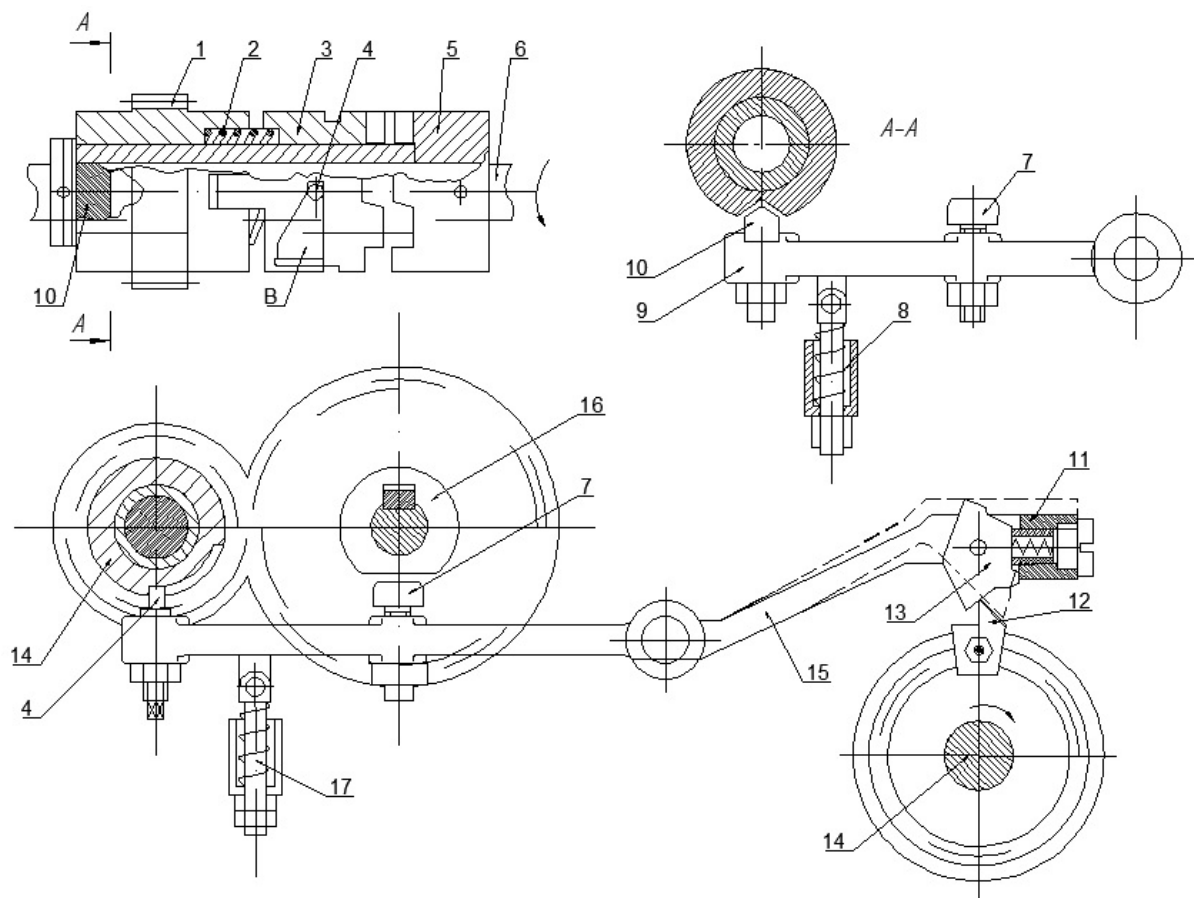


Рис. 2.5. Схема роботи самовимикаючої муфти

Для того, щоб командний кулачок 12 при повільному обертанні розподільного валу не перешкоджав попаданню пальця 4 в фасонну виїмку **B** напівмуфти, блокуючий кулачок 16 на початку свого обертання додатково повертає важіль 15 і звільняє клямку 13, яка під дією пружини 11 повертається в своє початкове положення.

Механізм затиску і подачі прутка (рис. 2.6) працює від кулачків 19 і 20 (поз.23 і 24 на рис. 2.3), які отримують обертання від допоміжного валу **I** при включенні зубчастих передач 20/18 і 18/40, ланцюгової передачі 30/10 та конічних коліс 16/48 (див. рис. 2.1):

$$1 \text{ об.валу(I)} \cdot \frac{20}{18} \cdot \frac{18}{40} \cdot \frac{30}{10} \cdot \frac{16}{48} = \frac{1}{2} \text{ об.шестерні } z = 48.$$

Таким чином, цикл роботи механізму відбувається за півоберта шестерні $z = 48$. Після відрізки обробленої деталі кулачок 20 через регульовану важільну

передачу 1 відводить повзун 4 і трубу подачі 7 вліво, подаюча цанга 13 ковзає по затиснутому прутку здійснюючи набір матеріалу 17 на величину, що дорівнює довжині деталі з врахуванням ширини відрізання. Довжина набору і подачі регулюється гвинтом 2, що переміщує камінь на відстань R від осі повороту важеля 1. Кулачок 19 через важіль 18 зміщує муфту 6 вправо. Під дією пружини 12 і пружності пелюстків затискної цанги 15 сухарі 10, труба затиску 11 і гільза 14 переміщуються вліво - відбувається розтиск прутка. При русі повзуна 4 вправо труба 7 і цанга 18 подають пруток 17 до контакту з обертовим упором, що встановлений у револьверній головці. При переміщенні муфти 6 вліво її кінцева поверхня C натискає на кінці двох фасонних важелів 8, які повертаються навколо опорних поверхонь A контактуючи з втулкою 9. В результаті кінці B важелів 8 через сухарі 10 і трубу 11 рухають гільзу 14 вправо, при цьому затискна цанга 15, що утримується в осьовому напрямку гайкою 16, затискає пруток 17. Після затиску прутка з необхідною силою місце контакту затискної муфти 6 з лівими кінцями важелів 8 переміщується з кінцевої поверхні C на циліндричну, здійснюючи геометричне замикання механізму затиску. У відповідності до розміру і відхилення діаметра прутка сила затиску механізму регулюється за допомогою гайок 5.

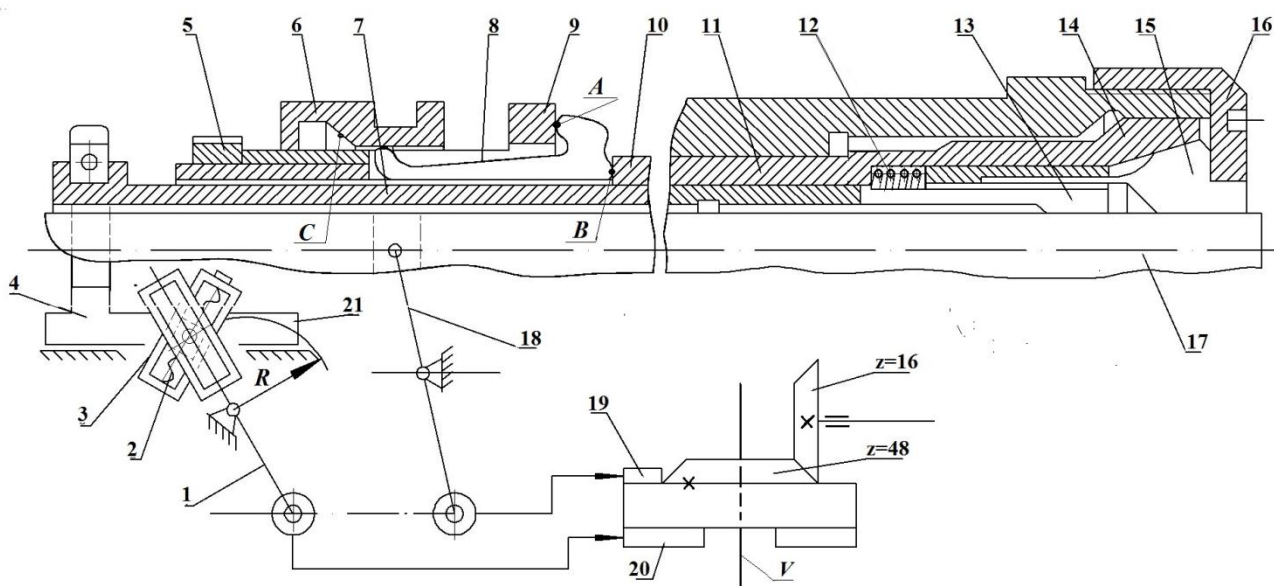


Рис. 2.6. Механізм затиску і подачі прутка

2.1.3. Техніка безпеки під час виконання практичної роботи на верстаті

1. Рух робочих органів верстата здійснювати тільки в режимі ручного налагодження. При цьому, для запобігання поломки механізмів верстата рукоятку допоміжного валу обертати тільки за часовою стрілкою.

2. Спостереження за ходом переміщення робочих органів верстата в режимі ручного налагодження проводиться тільки в присутності викладача чи лаборанта.

3. При виникненні несправності студенти не допускаються до її самостійного усунення.

2.1.4. Оформлення звіту

Звіт з практичної роботи оформлюється в 1 прим. на бригаду у кількості 4 – 6 студентів у вигляді протоколу на листах формату А4. Рекомендована структура звіту:

1. Титульна сторінка з назвою роботи, прізвищами членів бригади та викладача, номером групи та датою складання протоколу.
2. Загальні відомості про технологічні можливості токарно-револьверних автоматів.
3. Опис допоміжних та робочих рухів верстата.
4. Виконані індивідуальні завдання кожного з членів бригади у відповідності до переліку контрольних запитань.

2.1.5. Контрольні запитання

1. Які призначення та принцип роботи токарно-револьверного автомату?
2. Якими є допоміжні вали та допоміжні рухи механізмів верстата?
3. Якими є розподільні вали та робочі рухи механізмів верстата?
4. Яка послідовність роботи механізмів затиску та подачі прутка?
5. Яка послідовність заміни інструментальної позиції револьверної головки?
6. Які особливості конструкції приводу головного руху верстата?
7. Який принцип роботи самовимикаючої муфти?
8. Як здійснюється регулювання швидкого та повільного обертання розподільних валів?

2.2. Настроювання токарно-затилувального верстата

Мета роботи: Ознайомлення з принципом роботи токарно-затилувального верстата, його кінематикою, будовою і послідовністю настроюванням на затилування різального інструменту

Порядок виконання роботи

1. Ознайомлення з призначенням і принципом роботи верстата.
2. Вивчення кінематики, будови і настроювання верстата.
3. Опис послідовності настроювання верстата на обробку заданої деталі.

2.2.1. Ознайомлення з призначенням і принципом роботи верстата

Токарно-затилувальні верстати призначені для обробки задніх поверхонь зубів багатолезового профільного різального інструменту: циліндричних, черв'ячних, дискових фрез, а також мітчиків з прямими та гвинтовими канавками. Основна відмінність токарно-затилувальних верстатів від традиційних токарних полягає у застосуванні затилувального супорта, якому за допомогою обертового кулачка надається зворотно-поступальний рух перпендикулярно до вісі центрів верстата (рис. 2.7). Затилування здійснюється по Архімедовій спіралі. Такий профіль задніх поверхонь зубів різального інструменту використовують тільки для фасонних фрез. Станина, супорт і шпиндельна бабка верстата мають конструкцію, яка здатна протидіяти ударам, що виникають в процесі затилування.

Токарно-затилувальні верстати випускаються спрощені та універсальні. Спрощені токарно-затилувальні верстати призначені для обробки задніх поверхонь зубів дискових, пазових і інших фрез, виготовляються без ходового валу і коробки подач, а мають лише поперечну робочу подачу, яка здійснюється кулачковим приводом. Універсальні – призначені для затилування різьбових і черв'ячних циліндричних фрез, при обробці яких є необхідним переміщення різця вздовж осі виробу. На них також можна виконувати всі види токарних робіт. В універсальних затилувальних верстатах здійснюються наступні основні рухи (рис.1): головний, що забезпечує обертання деталі та утворює швидкість різання (i_v); рух ділення, що забезпечує затилувальний рух різального інструменту для профілювання задніх поверхонь зубів (i_{dil}); поздовжнє

M – двигун; i_v , i_s , i_{dil} і i_{duf} – вузли настроювання кінематичних ланцюгів швидкості, подачі, ділення (ударів) і диференціалу: Σ – підсумовуючий (диференціальний) механізм

Зуби профільних фрез (рис. 2.8) затилуються, тобто їхній поперечний профіль по довжині затилку зуба AB зміщується до центра по Архімедовій або логарифмічній спіралі. У результаті затилування на зубах одержуються задній та бокові кути і після затуплення зубів вони переточуються (загострюються) за рахунок шліфування передньої грані AD без спотворення поперечного профілю, заднього і бокових кутів зуба.

При затилуванні заготовка – фреза з попередньо профрезерованими канавками для виходу стружки затискається в шпинделі і одержує обертання з необхідною швидкістю V м/хв, а різальний інструмент (профільний різець або шліфувальний круг) одержує зворотно-поступальні рухи перпендикулярно до осі виробу $n_{\text{подв.х}}$. Під час повороту виробу на дугу AB різець наближається до центра заготовки і знімає шар металу по затилку, забезпечуючи необхідний

перепад по радіусу між ріжучою кромкою A і кінцем зуба B . При подальшому повороті виробу на дугу BC різець швидко відводиться назад. Отже, за кожен оберт оброблюваної деталі різець повинен обробити всі z зубів, що розташовані по колу, тобто зробити z подвійних ходів. Для здійснення зворотно-поступальних рухів різця застосовуються кулачки із спеціальними профілями, що мають один виступ при чистовій обробці і два – при чорновій.

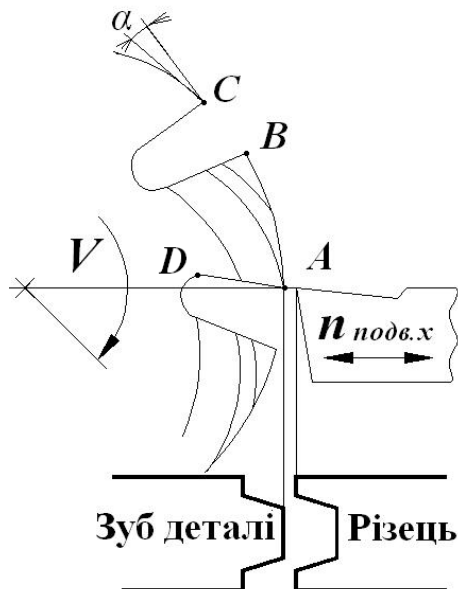


Рис. 2.8. Схема затилювання дискової фрези

За один оберт кулачка різець одержує K подвійних ходів (K – кількість робочих ділянок профілю кулачка). Кулачки змінні, з різним кроком спіралі у відповідності до величини зняття затилку зуба оброблюваного інструменту.

Затилювання зубів інструменту здійснюється в кілька проходів. Після кожного робочого проходу супорт прискорено повертається у вихідне положення за рахунок реверсування ходового гвинта, для чого електродвигун перемикають на прискорене обертання і реверсують.

Рухи, необхідні для процесу затилювання, і їх взаємозв'язок

Для виконання процесу затилювання необхідно здійснювати складний рух, який складається з трьох взаємозалежних елементарних рухів (рис.2.7):

I. Обертального руху оброблюваної деталі для одержання швидкості різання V – головного руху;

II. Подачі різального інструменту паралельно осі оброблюваної деталі за один оберт шпинделя на t мм (t – крок різьби на оброблюваному різьбовому інструменті), або на $S_{\text{позд.}}$ мм при інших видах обробки. В обох випадках вершина різального інструменту утворить на оброблюваній деталі гвинтову поверхню.

III. Зворотно-поступального (подвійні ходи) руху різального інструменту, що погоджений з обертанням оброблюваної деталі. За один оберт фрези різальний інструмент повинен обробити всі зуби, розташовані на довжині одного витка, тобто зробити число подвійних ходів, яке дорівнює числу зубів на витку.

Визначення числа зубів на одному витку циліндричної фрези із спіральними канавками

Зуби на оброблюваній деталі утворені прямими канавками, які прорізані вздовж осі деталі, або спіральними канавками з кроком T . При затилуванні деталі із спіральною канавкою напрямок кутів нахилу гвинтової нарізки і спіральної канавки можуть бути протилежними або збігатися (рис.2.9, а; 3, б).

Якщо циліндричну поверхню циліндричної або черв'ячної фрези розрізати уздовж осі і розгорнути на площину, то одержимо прямокутник $ABCD$ (рис.2.9, а). Перший виток траєкторії переміщення різця проектується прямою DF для правої гвинтової нарізки, а інші – паралельними ділянками через крок t . Одна ліва спіральна канавка, що утворить западину між зубами, проектується прямою AC із кроком спіралі T , а інші – проектуються у вигляді відрізків $1-1' - 1'-1''$, $2-2' - 2'-2''$. Позначимо число канавок, прорізаних на моделі, – z .

З рис. 2.9, а видно, що на ділянці DE гвинтової поверхні розміщується z зубів, а на ділянці $EF - \Delta z$. Легко довести, що трикутники AED і CEF подібні, отже, можна скласти пропорцію:

$$\frac{\Delta z}{t(S_{noz.})} = \frac{z}{T}, \quad \text{звідки} \quad \Delta z = z \frac{t(S_{noz.})}{T},$$

де, T – крок спіральної канавки; t , $S_{noz.}$ – переміщення різця за один оберт шпинделя при затилуванні різьбового інструмента або звичайних фрез.

Загальне число зубів при протилежних напрямках кутів нахилу гвинтової нарізки і спіральної канавки, розташоване на ділянці DF , позначимо $z' = z + \Delta z$. При обробці фрез із спіральною канавкою можливий випадок, коли напрямок кутів нахилу гвинтової траєкторії переміщення різця і спіральної канавки збігається (рис. 2.9, б), тоді z зубів розташовується на ділянці $CM = DF + FE$. Якщо напрямки кутів збігаються, то $z' = z - \Delta z$.

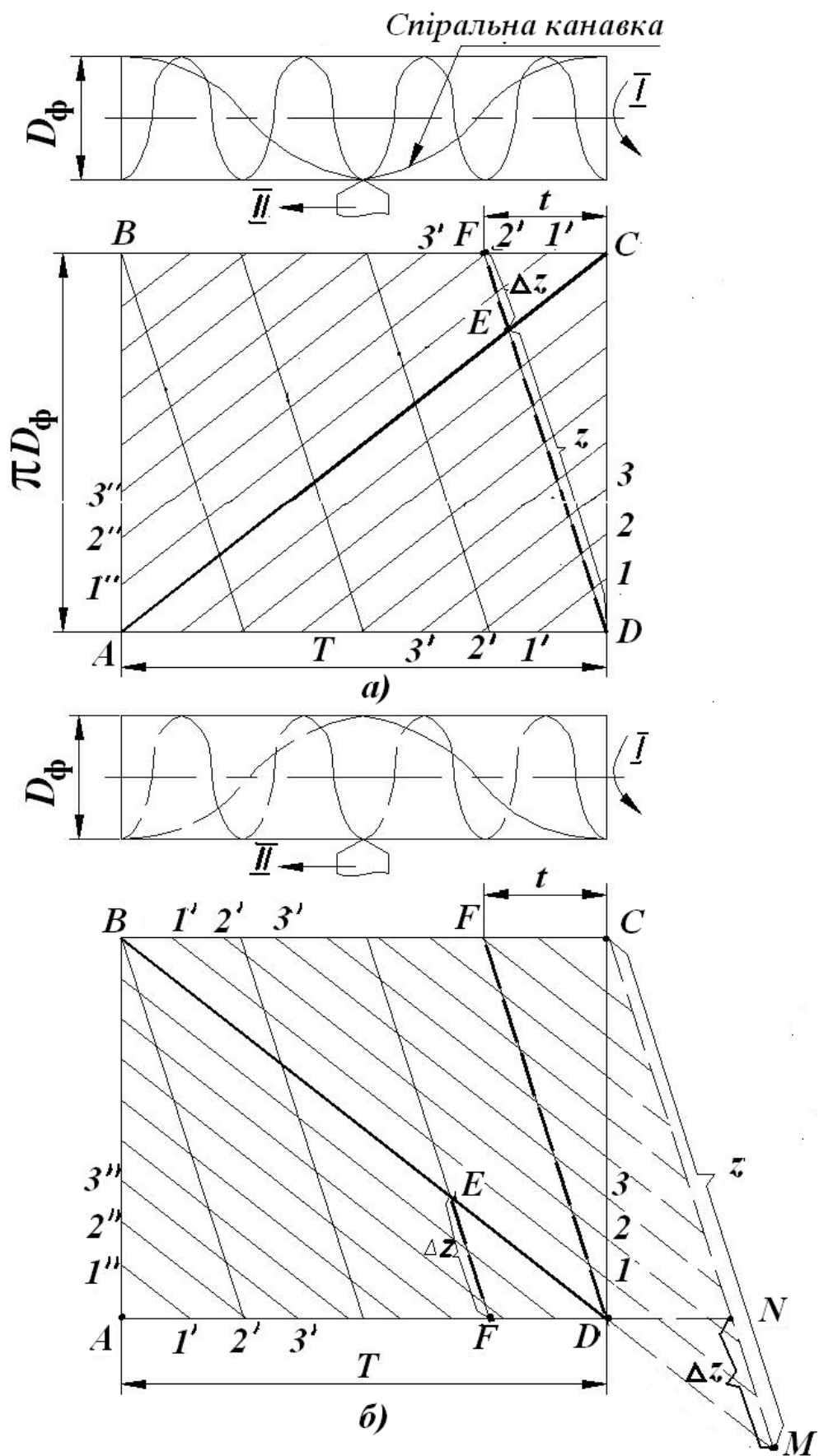


Рис. 2.9. Схема визначення додаткових зубів на витку різьби (подачі)

Щоб визначити число зубів, що розташовуються на довжині кола витка гвинтової поверхні DF , робимо додаткову побудову: із точки C проводимо пряму, паралельну витку DF , до перетину з продовженням прямої в точці M . Одержимо два рівних трикутники DFE і DNM , тому $FE = NM$. Число зубів на ділянці NM позначимо Δz . Оскільки трикутники BCM і DNM подібні, то можна скласти пропорцію

$$\frac{\Delta Z}{t(S_{\text{нозд.}})} = \frac{Z}{T}, \quad \text{звідки} \quad \Delta Z = Z \frac{t(S_{\text{нозд.}})}{T}$$

Отже, на ділянці DF розміщується зубів:

$$Z' = Z \pm \Delta Z = Z \pm Z \frac{t(S_{\text{нозд.}})}{T} = Z \left[1 \pm \frac{t(S_{\text{нозд.}})}{T} \right] \quad (2.1)$$

Взаємозв'язок обертання оброблюваної деталі та зворотно-поступального руху різця можна сформулювати таким чином: за один оберт фрези (шпинделя) різець повинен зробити $z \pm \Delta z$ подвійних ходів, щоб кожного разу потрапляти на вершину наступного оброблюваного зуба.

2.2.2. Кінематика, будова і настроювання верстата

На рис. 2.10 зображено загальний вигляд токарно-затилувального верстата мод. 1Б811, основними вузлами якого є: станина, передня і задня бабки, коробка подач, фартух, супорт із різцетримачем, знімний супорт для шліфувальних робіт.

Найбільший діаметр деталі, яку можна встановити над станиною, становить 520мм, найбільший діаметр точіння над нижньою частиною супорта 240мм, найбільша відстань між центрами 710мм. Крок різьби яку можна нарізати 0,5 – 240 мм. На верстаті можна виконати усі види токарної обробки, затилування і обробку кулачків. Для обробки різної величини затилку зуба до верстата додаються кулачки з величиною підйому 3, 9 і 13,5мм для обробки затилка з величиною затилування відповідно 1–4, 8–12 і 6–18мм, а також кулачок з подвійним робочим профілем для продуктивного затилування незагартованого інструменту, який згодом додатково затилують або шліфують за допомогою шліфувальної головки, що є на верстаті.

Опис кінематики ланцюга головного руху

Від двошвидкісного електродвигуна (рис. 2.11) обертання передається на шпиндель наступним ланцюгом з розрахунковим переміщенням:

$$n \text{ об.двигуна} \rightarrow n \text{ об.шпинделя}$$

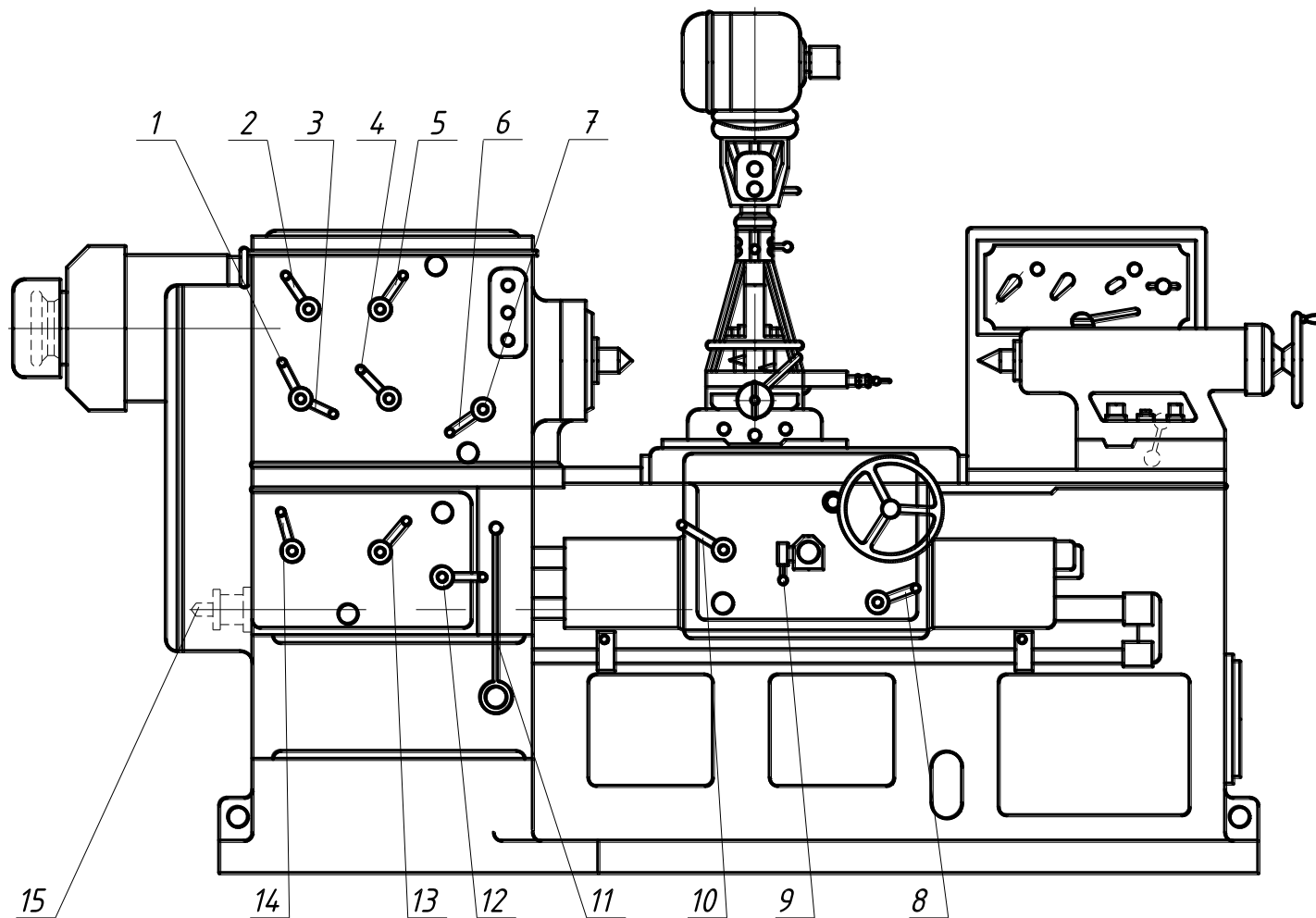


Рис. 2.10. Загальний вигляд токарно-затилувального верстата мод.1Б811 і органів його керування, де: 1- рукоятки: включення правої або лівої різьби, 2- перемикання швидкості, 3 - включення нормального або збільшеного кроку, 4- перемикання перебору, 5- перемикання швидкості, 6- відключення ділення і ручного повороту шпинделя, 7 - квадрат ручного повороту шпинделя, 8- реверс подачі, 9- включення подачі, 10- включення гайки ходового гвинта, 11- включення верстата, 12,13- перемикання подачі, 14- перемикання з подачі на різьбу, 15- квадрат ручного обертання ходового гвинта

Рівняння кінематичного балансу:

$$\frac{700}{1400} \frac{\text{об.}}{\text{хв}} \cdot \frac{25}{56} \cdot \left\langle \begin{array}{c} \frac{22}{46} \\ \frac{34}{34} \\ \frac{28}{40} \end{array} \right\rangle \cdot \left\langle \begin{array}{c} \frac{24}{68} \\ \frac{46}{46} \end{array} \right\rangle \cdot \frac{45}{54} \cdot \left\langle \begin{array}{c} \frac{20}{80} \\ \frac{50}{50} \end{array} \right\rangle \cdot \frac{24}{96} = n \frac{\text{об.}}{\text{хв.}}$$

Шпиндель має 12 швидкостей у межах від 2,8 до 126 об/хв. Для перемикання коробки швидкостей передбачені наступні рукоятки (рис. 2.10).

Рукоятка 2 перемикає потрійний блок $z = 22-34-28$.

Рукоятка 5 перемикає подвійний блок $z = 46-68$.

Рукоятка 4 перемикає є блок перебору $z = 50-20$.

Принципи настроювання верстата на поздовжнє переміщення супорта

Супорт переміщається ходовим гвинтом при нарізуванні різьб і затилуванні різьбового інструменту коли потрібно точно узгодити обертання шпинделя і переміщення різця, або рейковою шестернею при обточуванні і затилуванні циліндричних фрез коли немає потреби в точному узгодженню рухів.

А. Опис кінематичного ланцюга нарізання різьби

За один оберт шпинделя різальний інструмент повинен переміститися на крок t різьби, яка нарізується.

Розрахункове переміщення:

$$1 \text{ об. шпинделя} \rightarrow t \text{ мм переміщення різця} \quad (2.2)$$

Рівняння кінематичного балансу:

$$1 \cdot \frac{96}{24} \cdot \left\langle \begin{array}{c} \frac{54}{54} \\ \frac{50}{50} \\ \frac{80}{20} \end{array} \right\rangle \cdot \frac{54}{54} \cdot \left\langle \begin{array}{c} \frac{36}{36} \\ \frac{36}{36} \end{array} \right\rangle \cdot \frac{A}{B} \cdot \frac{C}{D} \cdot 12 = t \quad (2.3)$$

\uparrow
Ланка збільшення
кроку

\uparrow
Реверс вмикається
при обробці лівих різьб

\uparrow
(А, В, С, Д) – змінні
колеса гітари різьб

Формули настроювання гітари різьби:

$$\begin{aligned}
 i_{1г.різьби} &= \frac{A}{B} \frac{C}{D} = \frac{t}{12} \quad \text{– без перебору;} \\
 i_{2г.різьби} &= \frac{t}{48} \quad \text{– з перебором;} \\
 i_{3г.різьби} &= \frac{t}{192} \quad \text{– з перебором.}
 \end{aligned}
 \tag{2.4}$$

При настроюванні гітари на нарізування (або затилування) різьб із кроком, що перевищує крок ходового гвинта, використовується прискорююча передача. Практикою експлуатації зубчастих передач встановлено, що при понижуючих передачах зубчасті колеса працюють краще, тому у верстаті існує ланка збільшення кроку, коли ходовий гвинт одержує рух від шпинделя через перебір $\frac{96}{24} \frac{50}{50} = 4$, або $\frac{96}{24} \frac{80}{20} = 16$.

Рукоятки перемикання ланцюга нарізання різьби (рис. 2.10):

- рукоятка 3 переміщує зубчасте колесо $z = 54$ і включає передачу обертання від шпинделя або через ланку збільшення кроку;
- рукоятка 1 переміщує зубчасте колесо $z = 86$ і забезпечує реверс ходового гвинта, тобто здійснює переміщення супорта вправо або вліво;
- рукоятка 10 вмикає гайку ходового гвинта.

Б. Опис кінематичного ланцюга поздовжніх подач

Подачею S у токарних верстатах називається переміщення різця в мм за один оберт шпинделя.

Розрахункове переміщення:

$$1 \text{ об.шпинделя} \rightarrow S_{\text{позд}}, \text{ мм переміщення різця} \tag{2.5}$$

Рівняння кінематичного балансу:

$$1 \frac{26}{34} \frac{44}{58} \left\langle \begin{array}{c} \frac{36}{45} \\ \frac{45}{36} \\ \frac{27}{54} \end{array} \right\rangle \left\langle \begin{array}{c} M \\ \frac{27 \cdot 27}{54 \cdot 54} \end{array} \right\rangle \frac{25}{28} \frac{28}{28} \left\langle \begin{array}{c} \frac{28 \cdot 28}{28 \cdot 25} \\ \frac{28}{25} \end{array} \right\rangle \frac{1}{30} \frac{20}{55} \cdot \pi \cdot m \cdot z = S_{\text{позд}}, \tag{2.6}$$

де $\pi \cdot m \cdot z = 3,1415 \cdot 3 \cdot 12$ – переміщення рейки за 1 оберт рейкового колеса.

На верстаті можна одержати шість подач у діапазоні від 0,1 до 1 мм/об шпинделя.

Рукоятки перемикання ланцюга подач (рис. 2.10):

- рукоятка 13 перемикає потрійний блок $z = 86-45-27$, а рукоятка 12 - муфту перебору;
- рукоятка 8 переміщує зубчасте колесо 25 у фартуху, змінює напрямок обертання рейкової шестірні;
- рукоятка 9 переміщує зубчасте колесо 20 у фартуху, вмикає поздовжню подачу супорта.

Методи настроювання верстата на зворотно - поступальні рухи

При затилуванні різьбових та інших профільних фрез різальний інструмент одержує поздовжнє переміщення (див. формули (2.2), (2.3), (2.4), (2.5) і (2.6), крім того, зворотно-поступальні рухи, що їх надає поперечному супорту кулачок. В універсально-затилувальних верстатах, які мають диференціал, обертання на кулачок може передаватися від шпинделя по двох ланцюгах: ділення (ударів) і диференціала. Узгоджувати обертання виробу і зворотно-поступальні рухи різального інструменту можна двома методами:

А. Бездиференціальне настроювання – настроюється тільки ланцюг ділення;

Б. Диференціальне настроювання – настроюється два ланцюги: ділення і диференціала.

Диференціальне настроювання зазвичай застосовується у випадках: а) коли через відсутність необхідних змінних коліс не можна точно узгодити обертання виробу і подвійні ходи різального інструменту за рахунок настроювання ланцюга ділення; б) при затилуванні фрез із спіральною канавкою, коли передаточне відношення гітари ударів через дробову величину z' (див. формулу (2.1)) виходить складним і його важко підібрати точно за рахунок гітари ділення. В цих випадках настроюють два ланцюги: ланцюг ділення, по якому передається більша (основна) частина рухів, та ланцюг диференціала, по якому передається менша (додаткова) частина рухів.

А. Метод бездиференціального настроювання.

Настроювання виконується в наступній послідовності.

1. Настроюється ланцюг поздовжнього переміщення різального інструменту, (супорту).

При затилуванні різьбового інструмента та черв'ячних фрез із спіральними канавками настроюється ланцюг нарізання різби за формулами (2.2), (2.3), (2.4).

При затилюванні профільних циліндричних фрез наструюється ланцюг подач за формулами (2.5), (2.6).

2. Наструюється ланцюг ділення. За один оберт шпинделя з деталлю різальний інструмент (супорт) повинен зробити z подвійних ходів (для фрез із спіральними канавками $z' = z \pm \Delta z$ (знак залежить від того, збігаються чи ні напрямки кутів нахилу гвинтової траєкторії переміщення різця та спіральної канавки).

Розрахункове переміщення:

1 об.шпинделя $\rightarrow z'$ подвійних ходів супорта .

Рівняння кінематичного балансу:

$$1 \frac{96}{24} \left\langle \begin{matrix} 50 \\ 50 \\ 80 \\ 20 \end{matrix} \right\rangle \frac{44}{36} \frac{45}{47} \frac{47}{33} \cdot \frac{1}{2} \cdot \frac{A_1}{B_1} \frac{C_1}{D_1} \frac{27}{27} = z', \quad (2.7)$$

де $\frac{1}{2}$ – передаточне відношення диференціала;

A_1, B_1, C_1, D_1 – змінні колеса гітари ділення.

Формули наструювання гітари ділення:

$$i_{1г.діл} = \frac{A_1}{B_1} \frac{C_1}{D_1} = \frac{3}{10} z'; \quad i_{2г.діл} = \frac{3}{40} z'.$$

У кінематичному ланцюгу ділення знаходиться однозуба муфта M_1 , що при затилюванні передає обертання кулачку (рис. 2.12,а) тільки під час робочої подачі супорта і автоматично відключає відбійний вал при холостому ході (рис. 2.12, б), а при обробці кулачків обертання кулачку верстата передається в обидва боки (рис. 2.12, в). При робочій подачі супорта обертання від вала 1 гітари ділення через собачку 2 передається на корпус муфти 3 і далі на кулачок.

При холостому ході супорта, що відбувається за рахунок реверсування електродвигуна, вал 1 обертається в зворотному напрямку і передає обертання через собачку 4 на корпус муфти 3 до моменту зустрічі собачки 4 з упором 5, коли відбувається вибивання собачки 4 і зупинка муфти 3. Муфта 3 зупиняється в положенні, коли ролик, що передає рух на супорт, контактує з архімедовою спіраллю кулачка в точці, яку зміщено на 15° від початку. При цьому супорт знаходиться у відведеному положенні. При обробці кулачків упор 5 відводиться вправо і закріплюється гвинтом 6. Робоче обертання на муфту передається собачкою 2, а холосте – собачкою 4.

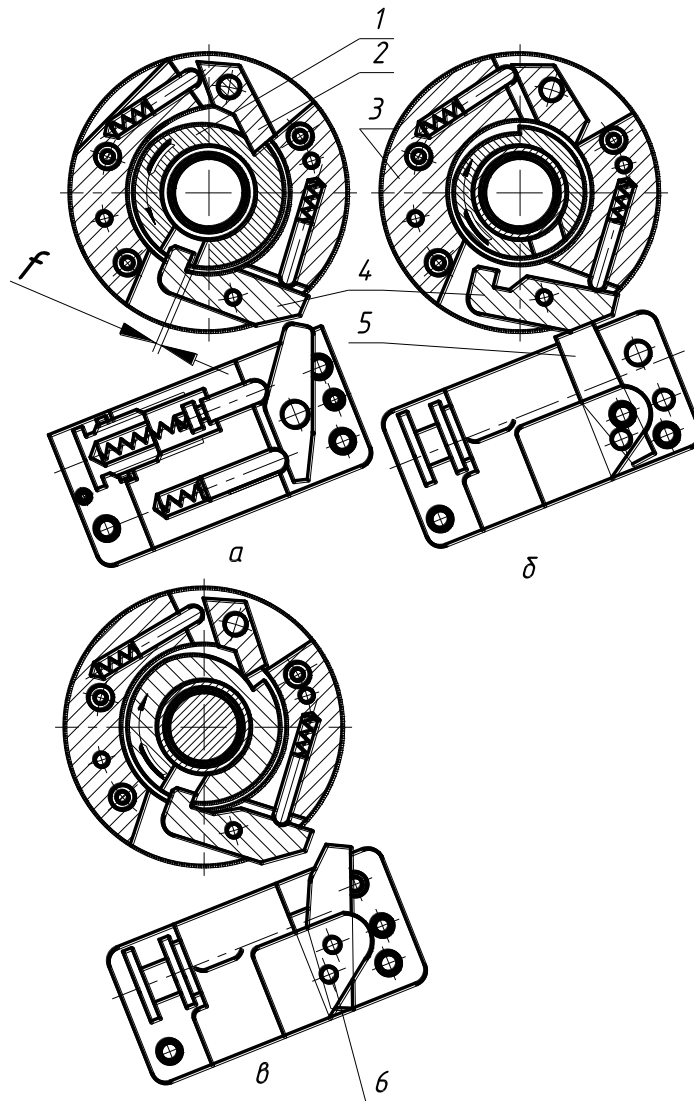


Рис. 2.12. Однозуба муфта М₁. Положення: а) - при робочому ході, б) - при холостому ході, в) - при обробці кулачка, 1 - вал гітари ділення, 2 - собачка, 3 - корпус муфти, 4 - собачка, 5 -упор, 6 – гвинт

Б. Метод диференціального настроювання при обробці фрез із спіральною канавкою полягає в наступних діях.

1. Настроюється ланцюг поздовжнього переміщення як при бездиференціальному настроюванні.

2. Настроюється ланцюг ділення.

За один оберт шпинделя з деталлю по ланцюгу ділення різальному інструменту (супорту) передається z подвійних ходів.

Розрахункове переміщення:

$1 \text{ об. шпинделя} \rightarrow z \text{ подвійних ходів супорта} .$

Кінематичний ланцюг передачі руху від шпинделя до різального інструменту записаний формулою (2.7).

Формули настроювання ланцюга ділення

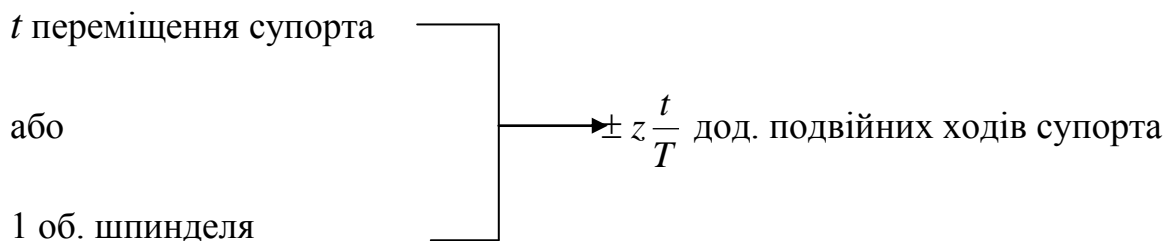
$$i_{I_{г.діл}} = \frac{3}{10} z; \quad i_{2_{г.діл}} = \frac{3}{40} z.$$

3. Настроюється ланцюг диференціала.

Кінематика верстата забезпечує взаємозв'язок між обертанням шпинделя і переміщенням супорта. За один оберт шпинделя супорт переміщується на крок t різьби, яку нарізають чи затилують, або на величину подачі $S_{\text{позд.}}$ у разі затилування циліндричної фрези. Отже, додаткові подвійні ходи Δz різального інструменту, можна узгодити як з одним оборотом шпинделя, так і з переміщенням супорта на крок t різьби при затилуванні різьбових фрез та фрез із спіральними канавками, або на величину подачі $S_{\text{позд.}}$ при затилуванні циліндричних фрез. Щоб спростити запис рівнянь кінематичного балансу ланцюга диференціала, зазвичай додаткові рухи Δz зв'язують з переміщенням супорту на t або на $S_{\text{позд.}}$.

Затилування різьбового інструменту. За час переміщення супорта на крок t оброблюваної різьби або за один оберт шпинделя різальний інструмент по ланцюгу диференціала повинен додатково отримати $\Delta z = \pm z \frac{t}{T}$ подвійних ходів.

Розрахункове переміщення:



Рівняння кінематичного балансу:

$$\frac{t}{12} \frac{48}{36} \frac{42}{42} \frac{A_2}{B_2} \frac{C_2}{D_2} \cdot \frac{3}{19} \frac{1}{2} \cdot \frac{3}{10} z \cdot (\text{або } \frac{3}{40} z) \frac{27}{27} = \pm z \frac{t}{T},$$

де A_2, B_2, C_2, D_2 - змінні зубчасті колеса гітари диференціала.

Формули настроювання гітари диференціала:

$$i_{I_{г.диф}} = \frac{A_2}{B_2} \frac{C_2}{D_2} = \frac{380}{T} \quad i_{2_{г.диф}} = \frac{1520}{T}.$$

Затилування циліндричних фрез. За час переміщення супорта на величину подачі або за один оберт шпинделя ріжучий інструмент по ланцюгу диференціала повинен додатково одержати $\Delta z = \pm z \frac{S_{\text{позд}}}{T}$ подвійних ходів.

Розрахункове переміщення:

$S_{\text{позд}}$ переміщення супорта

або

1 об. шпинделя

$$\left. \begin{array}{l} S_{\text{позд}} \text{ переміщення супорта} \\ \text{або} \\ 1 \text{ об. шпинделя} \end{array} \right\} \rightarrow \pm z \frac{S_{\text{позд}}}{T} \text{ дод. подвійних ходів супорта.}$$

Рівняння кінематичного балансу:

$$\frac{S_{\text{позд.}}}{3,14 \cdot 3 \cdot 12} \cdot \frac{55}{20} \cdot \frac{30}{1} \left\langle \frac{\frac{25}{28}}{\frac{25}{28}} \right\rangle \frac{28}{28} \frac{28}{28} \frac{20}{60} \frac{26}{76} \frac{48}{36} \frac{42}{42} \cdot \frac{A_2}{B_2} \frac{C_2}{D_2} \cdot \frac{1}{2} \cdot \frac{3Z}{10} \left(\text{або} \frac{3Z}{40} \right) \frac{27}{27} = \pm Z \frac{S_{\text{позд.}}}{T}.$$

Формули настроювання гітари диференціала:

$$i_{\text{Г.диф}} = \frac{A_2}{B_2} \frac{C_2}{D_2} = \frac{1141,4}{T} \quad i_{2\text{Г.диф}} = \frac{4566}{T}.$$

Рукоятки переключення. Рукоятка 14 вимикає кулачкову муфту зубчастого колеса $z = 76$, при цьому блок зубчастих коліс $z = 26 - 60$ відводиться вправо і вмикає зубчасті колеса $\frac{26}{76}$ (рис. 2.11).

2.2.3. Комплект змінних коліс верстата

А. Змінні колеса ланцюга нарізання різьби:

22, 24, 26, 29, 30, 31, 32, 35, 39, 42, 43, 46, 48, 55, 58, 64, 67, 70, 71, 78, 87, 93, 95, 96, 98, 99, 105, 111, 113, 120, 123, 128, 132.

Умова зчеплення коліс гітари нарізання різьби:

$$A + B \geq C + 26; \quad C + D \geq B + 26; \quad A + B + C + D \geq 260.$$

Б. Змінні колеса ланцюга ділення (ударів):

24, 30, 36, 42, 48, 54, 60, 66, 72, 78, 80, 84, 90, 96, 108, 120;

В. Змінні колеса ланцюга диференціала (спіралей):

24, 28, 36, 38, 44, 48, 52, 56, 57, 60, 76.

Умова зчеплення коліс гітари диференціалу:

$$A + B \geq C + 26; \quad C + D \geq B + 26; \quad A + B + C + D \geq 140.$$

2.2.4. Варіанти завдань для кінематичного настроювання верстата

Вихідні дані до індивідуальних завдань з настроювання токарно-затилувального верстата на затилування черв'ячних модульних фрез наведені в табл. 2.2.

Таблиця 2.2. Основні розміри черв'ячних модульних фрез (ГОСТ 9324-2015)

№ вар.	Діаметр фрези $D_{фр}$, мм	Модуль m_n , мм	Число заходів фрези, k	Число канавок (не більше), Z	Крок спіральної канавки T , мм	Напрямок к канавки	Напрямок зубів фрези
1	100	5,5	1	13	1350	Ліва	Правий
2	105	6,0	1	13	1347	Ліва	Правий
3	115	7,0	1	13	1355	Ліва	Правий
4	120	8,0	1	12	1246	Ліва	Правий
5	100	3,5	2	18	1186	Ліва	Правий
6	115	4,0	2	19	1374	Ліва	Правий
7	125	5,0	2	19	1261	Ліва	Правий
8	135	5,5	2	19	1331	Ліва	Правий
9	140	6,0	2	18	1296	Ліва	Правий
10	150	6,5	2	18	1370	Ліва	Правий
11	155	7,0	2	18	1343	Ліва	Правий
12	160	8,0	2	17	1217	Ліва	Правий
13	100	2,25	3	22	1316	Ліва	Правий
14	110	2,5	3	22	1431	Ліва	Правий
15	110	2,75	3	22	1285	Ліва	Правий
16	115	3,0	3	22	1280	Ліва	Правий
17	125	3,5	3	22	1282	Ліва	Правий
18	140	4,0	3	22	1402	Ліва	Правий
19	150	4,5	3	22	1419	Ліва	Правий
20	160	5,0	3	22	1443	Ліва	Правий
21	170	5,5	3	22	1471	Ліва	Правий
22	175	6,0	3	22	1413	Ліва	Правий

2.2.5. Оформлення звіту

Звіт з практичної роботи оформлюється в 1 прим. у вигляді протоколу на листах формату А4. Рекомендована структура звіту:

1. Титульна сторінка з назвою лабораторної роботи, прізвищами членів бригади та викладача, номером групи та датою складання протоколу.
2. Загальні відомості про технологічні можливості верстата.
3. Кінематична схема верстата.
4. Перелік формоутворюючих рухів верстата.
5. Розрахункові переміщення, рівняння кінематичного балансу та формули настроювання всіх формоутворюючих рухів верстата.
6. Виконане індивідуальне завдання з кінематичного настроювання верстата на затилування черв'ячних модульних фрез за даними табл. 2.1.

2.2.6. Контрольні запитання

1. Які призначення та технологічні можливості верстата?
2. Якими є рухи, необхідні для процесу затилування, і який їх взаємозв'язок?
3. Як визначити число зубів на одному витку циліндричної фрези із спіральними канавками?
4. Яким є порядок настроювання ланцюга головного руху?
5. Яким є порядок настроювання верстата на поздовжнє переміщення супорта?
6. Якими є особливості методу бездиференціального настроювання верстата на зворотно-поступальні рухи?
7. Якими є особливості методу диференціального настроювання верстата на зворотно-поступальні рухи?
8. Як затилувати черв'ячні модульні фрези із спіральною канавкою?
9. Як затилувати циліндричні фрези із спіральною канавкою?

2.3. Настроювання універсальної ділильної головки

Мета роботи: Ознайомитися з кінематикою, будовою, принципом роботи універсальної ділильної головки (УДГ) і методами настроюванням на поворот деталі на задану величину.

Порядок виконання роботи

1. Ознайомлення з призначенням і принципом роботи УДГ.
2. Вивчення кінематики, будови і методів настроювання УДГ.
3. Настроювання УДГ на поворот деталі.

2.3.1. Призначення і принцип роботи УДГ

УДГ призначені для здійснення точних періодичних поворотів заготовки на рівні чи нерівні частини окружності (рис. 2.13). Ці повороти виконуються вручну.

За допомогою УДГ можна нарізати спіральні (гвинтові) канавки чи гвинтові зуби на універсальних фрезерних верстатах. При нарізанні спіральних канавок чи гвинтових зубів обертання шпинделя УДГ повинно бути кінематично пов'язано з ланцюгом подачі верстата.

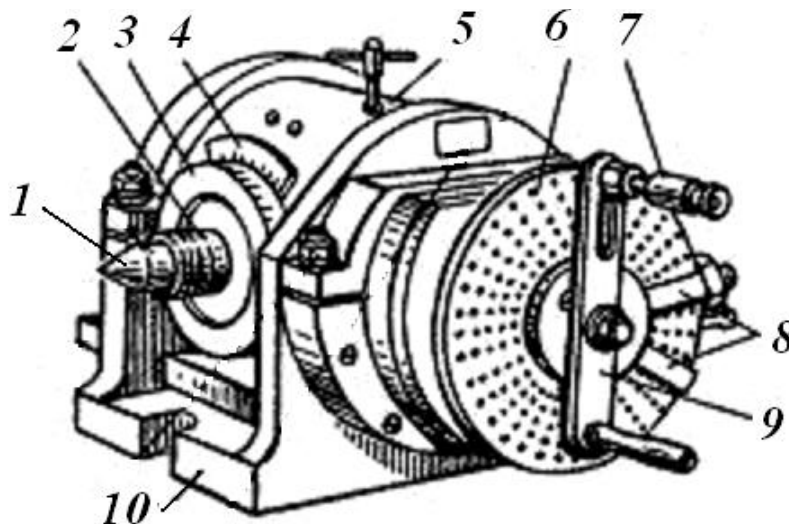


Рис. 2.13. Загальний вигляд УДГ: 1 – центр, 2 – шпиндель, 3 – лімб, 4 – ноніус, 5 – корпус, 6 – ділильний диск, 7 – фіксатор, 8 – розсувний сектор, 9 – рукоятка, 10 - основа

УДГ дозволяють ділити окружність на будь-яке число частин до 400 і обробляти деталі в центрах, патроні або на шпиндельній оправці. УДГ - найважливіше пристосування консольно-фрезерних верстатів, особливо універсальних. УДГ застосовуються при обробці різноманітних різальних інструментів (фрез, мітчиків, розверток, зенкерів), фасонних та інших деталей,

при обробці яких необхідним є періодичний поворот заготовки навколо її осі на визначені кути [6,7].

2.3.2. Кінематика та будова УДГ

Схема простої ділильної головки зображена на рис. 2.14, де Z_0 - число зубів черв'ячного колеса, k - число заходів черв'яка. Відношення Z_0/k називається характеристикою ділильної голівки. Зазвичай $k = 1$. Ділильний диск має з кожної сторони по кілька концентричних колових рядів, розділених отворами на рівні частини. Число отворів у рядах різне. В отвори зовнішньої сторони диску входить фіксатор 1 рукоятки, а в отвори зворотної сторони диску входить фіксатор 2, встановлений в корпусі головки. При простому діленні використовується зовнішня сторона ділильного диску та фіксатор 1, а при комбінованому (з подвійним відліком) - обидві сторони диску і обидва фіксатори.

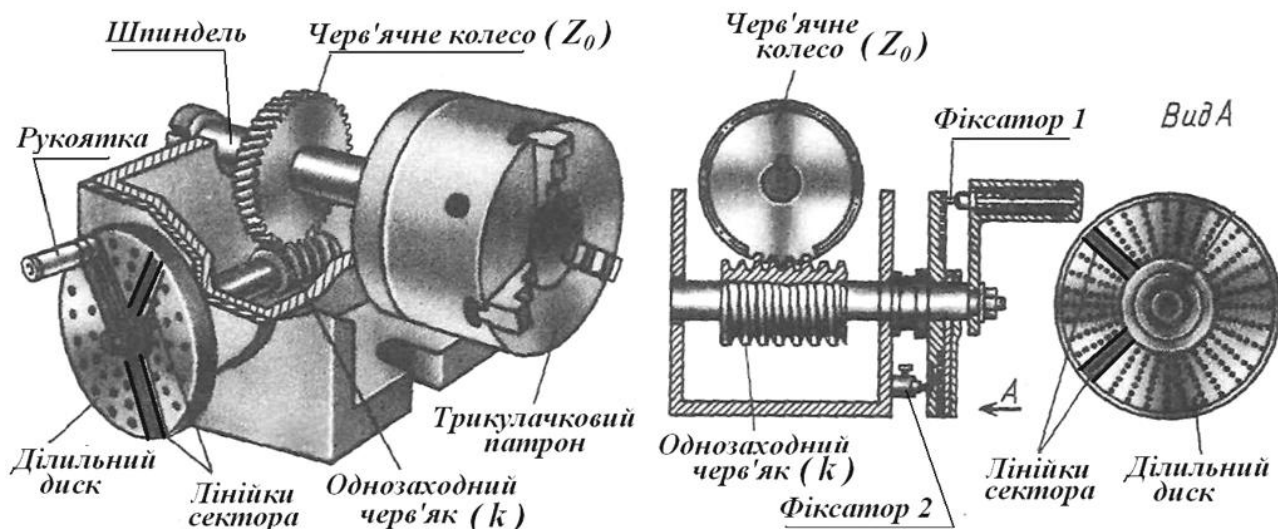


Рис.2.14. Схема ділильної головки

Призначення УДГ:

- 1) безпосереднє ділення кола на число, яке є кратним 24, тобто 2, 3, 4, 6, 8, 12;
- 2) просте та комбіноване ділення кола на число частин від 2 до 400;
- 3) диференціальне ділення кола на число частин від 43 до 400;
- 4) фрезерування спіралей з кроком від 25 до 4000 мм;
- 5) різні роботи на фрезерних верстатах, пов'язані з діленням кола на нерівні частини в градусному вираженні та з нарізуванням спіралей;
- 6) різні роботи на свердильних і розточувальних верстатах, пов'язані з діленням кола на частини, а також різні розмічувальні роботи.

Кінематична схема УДГ і різні види її налаштування показані на рис. 3.

2.3.3. Методи настроювання УДГ

Безпосереднє ділення

Безпосереднє ділення застосовується при поділі кола на 2, 3, 4, 6, 8, 12 і 24 частини в тих випадках, коли вимоги до точності ділення не високі. Для безпосереднього ділення необхідно:

- за допомогою ексцентрикової втулки вивести черв'як k із зачеплення з черв'ячним колесом z_0 ;
- звільнити із зачеплення фіксатор лімба безпосереднього ділення.

Шпиндель повертається вручну разом з оброблюваною деталлю. Кут повороту відраховується на градусній шкалі, що нанесена на лімбі безпосереднього ділення.

При діленні число частин або граней визначається за виразом

$$n = \frac{360}{\alpha}$$

де α - кут повороту шпинделя. Лімб замість шкали може мати отвори чи пази під фіксатор, розташовані з певним кроком. Лімби можуть бути змінні (на спеціальних головках). На оптичних головках лімб має градусну шкалу.

Просте ділення

Просте ділення кола на рівні і нерівні частини відбувається при нерухомому ділильному диску за допомогою рукоятки з фіксатором.

При простому діленні обертання передається шпинделю (див. рис. 2.15, а) від рукоятки 2 з фіксатором через пару циліндричних шестірень $i = 1$, черв'як k і черв'ячне колесо z_0 , розташоване в середній частині шпинделя. При цьому ділильний диск 1 повинний бути закріплений в нерухомому положенні за допомогою стопора, а фіксатор лімба безпосереднього ділення – вимкнено.

Розрахунок настроювання УДГ зводиться до вибору ділильного диска, який має ряд з необхідною кількістю отворів, і до розрахунку кількості отворів, на яку необхідно повернути рукоятку 2 з фіксатором по відношенню до нерухомого диска 1.

Поворот рукоятки на a/b обертів відповідає повороту шпинделя на $1/z$ оберта.

Розрахункове переміщення

$$\frac{a}{b} \text{ обертів рукоятки} \rightarrow \frac{1}{z} \text{ обертів шпинделя,}$$

де a - кількість отворів, на яку переводиться рукоятка; b - кількість отворів у колі на диску, проти якого встановлено фіксатор рукоятки; z - кількість нарізаних зубів (канавок, граней) з однаковим кроком, тобто кількість частин, на які здійснюється ділення.

Рівняння кінематичного балансу:

$$\frac{a}{b} \cdot \frac{z_1}{z_2} \cdot \frac{k}{z_0} = \frac{1}{z},$$

де k – кількість заходів черв'яка, z_0 - кількість зубів черв'ячної шестерні, $\frac{z_1}{z_2} = 1$.

Формула настроювання УДГ на просте ділення:

$$\frac{a}{b} = \frac{z_0}{k} \cdot \frac{1}{z}.$$

Якщо в УДГ $k = 1$, а $z_0 = 40$, то розрахункова формула настроювання УДГ буде мати вигляд

$$\frac{a}{b} = \frac{40}{z}.$$

Якщо при розрахунках число обертів рукоятки виходить дробовим, його необхідно перетворити так, щоб знаменник дробу дорівнював кількості отворів одного з кіл на ділильному диску.

Приклад. Потрібно відфрезерувати 18 канавок. Визначити кількість обертів рукоятки:

$$n = \frac{a}{b} = \frac{40}{z} = \frac{40}{18} = 2\frac{4}{18} = 2\frac{12}{54}.$$

Це означає, що після фрезерування кожної канавки рукоятку необхідно повернути на два повних оберти і на 12 отворів по колу з кількістю отворів 54.

Для встановлення рукоятки з фіксатором на необхідне коло ділильного диска потрібно відпустити гайку на осі рукоятки, встановити рукоятку таким чином, щоб стрижень фіксатора потрапив в отвір обраного кола, і знову закріпити гайку.

Для зручності відліку користуються розсувним сектором, який складається із лінійок, затискного гвинта для їхнього кріплення під необхідним кутом і пружинної шайби, яка утримує сектор від довільного повороту.

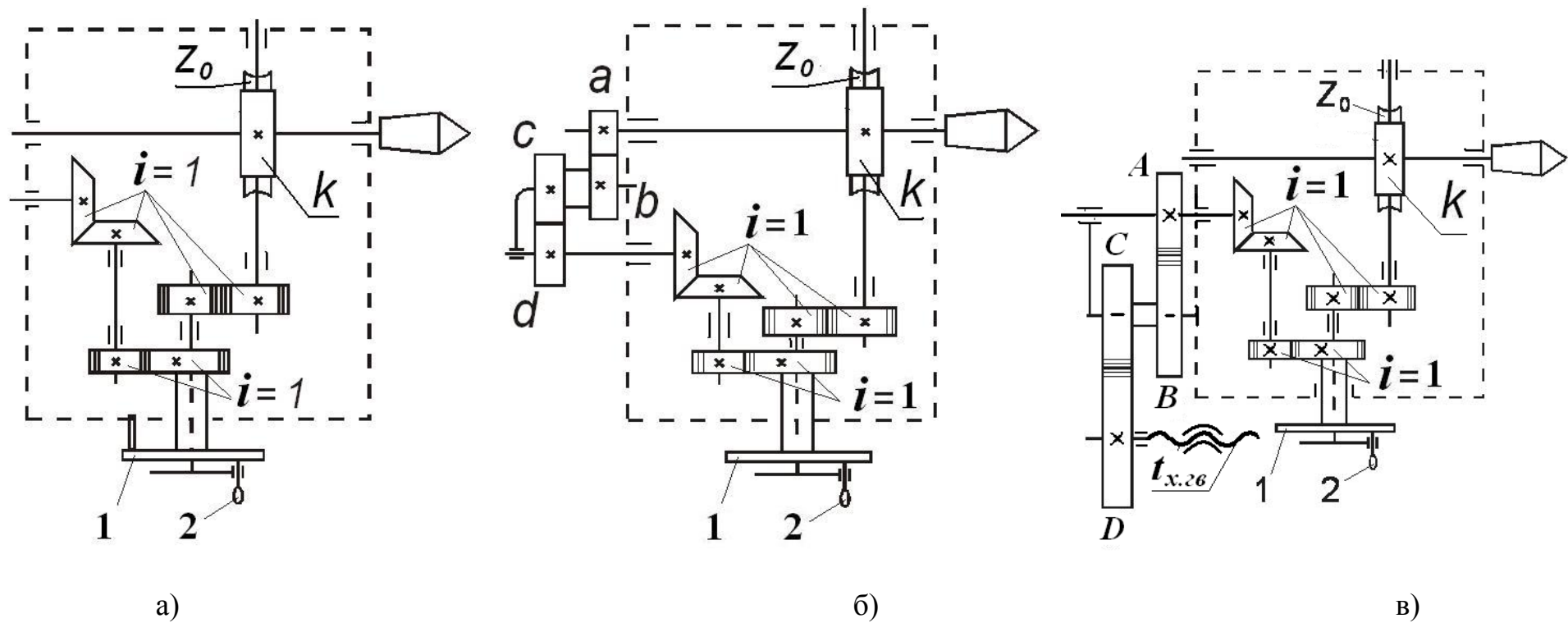


Рис. 2.15. Схеми настрювання ділильної головки: а) для простого та комбінованого ділення; б) для диференціального ділення; в) для нарізання спіральних канавок, де 1 – ділильний диск, 2 – рукоятка з фіксатором

Після визначення кола на ділильному диску і визначення кількості отворів, на яке треба переставити фіксатор, сектор встановлюють так, щоб кількість отворів між лінійками перевищувала на одиницю кількість, отриману розрахунком, і повертають його відразу ж після перестановки фіксатора. Сектор повинний знаходитися в положенні для наступного ділення, причому підводити його до отворів потрібно плавно і обережно, так, щоб фіксатор, знятий із запобіжника, ввійшов в отвір під дією пружини.

Просте ділення кола в градусному вираженні

Якщо положення канавок, які треба фрезерувати на деталі, задано кутом між їхніми осями, то необхідно спочатку визначити кількість цих канавок

$$z = \frac{360}{\alpha},$$

де α - кут між осями канавок.

Підставивши значення z у формулу для настроювання УДГ при простому

діленні $n = \frac{a}{b} = \frac{40}{z}$, одержимо

$$n = \frac{a}{b} = \frac{40 \cdot \alpha}{360} = \frac{\alpha}{9}.$$

Приклад. Відфрезерувати канавки, розташовані під кутом $18^\circ 54'$. Визначити кількість обертів рукоятки:

$$\alpha = 18^\circ 54' = 18 \frac{54}{60} = 18 \frac{9}{10} = \frac{189}{10}; \quad n = \frac{189}{10 \cdot 9} = \frac{189}{90} = 2 \frac{9}{90} = 2 \frac{1}{10},$$

тобто, після фрезерування кожної канавки потрібно повернути рукоятку на два повних оберти і на три отвори відносно кола ділильного диска з кількістю отворів 30.

Ділення з подвійним відліком (комбіноване)

Це ділення застосовують у разі, якщо кількість поділок z така, що простим діленням здійснити поворот виробу на $1/z$ частин не вдається. Тоді використовуються ряди отворів як на зовнішній, так і на зворотній сторонах ділильного диска (див. рис.2.15, а).

Спочатку фіксатор 2 диска 1 виведений і здійснюється $\frac{a}{b}$ обертів рукоятки відносно зовнішньої сторони ділильного диска, потім рукоятка фіксується і

здійснюється $\frac{c}{d}$ обертів рукоятки разом з диском відносно фіксатора в корпусі.

Відлік по зворотній стороні диска (c - кількість отворів на зворотній стороні диска, на які повертається рукоятка разом з диском відносно корпуса, d - загальна кількість отворів у даному ряді).

Розрахункове переміщення:

$$\left(\frac{a}{b} \pm \frac{c}{d}\right) \text{ обертів рукоятки} \rightarrow \frac{1}{z} \text{ обертів шпинделя.}$$

Формула настроювання:

$$\left(\frac{a}{b} \pm \frac{c}{d}\right) = \frac{z_0}{z},$$

де знак " + " використовують, якщо рукоятка і ділильний диск обертаються в одному напрямку; знак " – " - якщо напрямки протилежні.

Спосіб можна застосовувати у разі, якщо z розкладається хоча б на два множники.

Приклад. Здійснити ділення на $z = 63$ ($z_0/k = 40$ – характеристика УДГ):

$$\left(\frac{a}{b} \pm \frac{c}{d}\right) = \frac{40}{63} = \frac{40}{7 \cdot 9} = \frac{54}{7 \cdot 9} - \frac{14}{7 \cdot 9} = \frac{6}{7} - \frac{2}{9} = \frac{18}{21} - \frac{12}{54}.$$

Диференціальне ділення

Якщо необхідно розділити оброблювану деталь на кількість частин, яка не є кратною кількості отворів ділильного диска, застосовують диференціальний метод ділення. При цьому кут повороту шпинделя визначають поворотом рукоятки 1 з фіксатором відносно ділильного диска 2, та поворотом самого диска з рукояткою відносно корпуса УДГ (див. рис. 2.15, б). Ділильний диск одержує обертальний рух за ланцюгом зворотного зв'язку від шпинделя через змінні шестірні $\frac{A}{B} \cdot \frac{C}{D}$ гітари і пару конічних шестірень. Для передачі обертання від шпинделя змінним шестірням гітари застосовується оправка із змінною шестернею a , що встановлена в конічному отворі шпинделя УДГ. При цьому ділильний диск повинен бути звільненим від стопора, а фіксатор лімба безпосереднього ділення - вимкненим.

При настроюванні ділильної голівки на диференціальне ділення оброблюваної деталі на кількість частин z обирають число z' , близьке до z і

кратне кількості отворів в одному з рядів на ділильному диску, та настроюють головку так само, як при простому діленні за формулою:

$$\frac{a}{b} = \frac{40}{z'}.$$

При такому діленні деталі на $\frac{1}{z}$ частин помилка повороту шпинделя

становить:

$$\Delta = \frac{1}{z} - \frac{1}{z'} = \frac{z' - z}{z \cdot z'}.$$

Для компенсації похибки ділення шпиндель повинен зробити додатково $\frac{z' - z}{z \cdot z'}$ обертів.

Розрахункове переміщення:

$$\frac{1}{z} \text{ обертів шпинделя} \rightarrow \frac{z' - z}{z \cdot z'} \text{ додаткових обертів шпинделя.}$$

Рівняння кінематичного балансу:

$$\frac{1}{z} \cdot \frac{A}{B} \cdot \frac{C}{D} \cdot 1 \cdot 1 \cdot \frac{k}{z_0} = \frac{z' - z}{z \cdot z'},$$

звідки

$$\frac{A}{B} \cdot \frac{C}{D} = \frac{z_0}{k} \cdot \frac{z' - z}{z'} = \frac{z_0}{z'} (z' - z).$$

Оскільки $k = 1$, $z_0 = 40$, то формула для настроювання змінних коліс гітари:

$$\frac{A}{B} \cdot \frac{C}{D} = \frac{40}{z'} (z' - z).$$

Якщо $z' > z$, то напрямок обертання ділильного диска збігається напрямком обертання рукоятки і передавальне відношення буде мати позитивне значення. Якщо $z' < z$, то напрямок обертання рукоятки протилежний напрямку обертання ділильного диска і передаточне відношення гітари буде мати від'ємне значення.

При від'ємному значенні передаточного відношення необхідно в гітару ввести одне паразитне зубчасте колесо (якщо передача здійснюється двома парами змінних коліс).

Приклад. Нарізати зубчасте колесо з кількістю зубів $z = 83$.

Приймаємо $z' = 90$, тоді:

$$1) \quad \frac{a}{b} = \frac{40}{z'} = \frac{40}{90} = \frac{4}{9} = \frac{24}{54},$$

тобто, потрібно повертати рукоятку на 24 отвори в ряду з кількістю отворів 54;

2) для компенсації похибки ділення настроюємо гітару змінних коліс:

$$\frac{A}{B} \cdot \frac{C}{D} = \frac{z_0}{z} (z' - z) = \frac{40}{90} \cdot (90 - 83) = \frac{4}{9} \cdot (7) = \frac{4 \cdot 7}{3 \cdot 3} = \frac{40}{30} \cdot \frac{56}{24}.$$

Після встановлення в УДГ змінних коліс гітари (рис. 3, б), виконується просте ділення поворотом рукоятки з фіксатором 2 відносно ділильного диска 1 на величину $\frac{a}{b} = \frac{24}{54}$.

За рахунок зворотного кінематичного зв'язку від шпинделя через змінні колеса А, В, С, D, пари конічних та циліндричних коліс отримує обертання ділильний диск для компенсації похибки ($z' - z$).

Фрезерування спіральних канавок

Фрезерування спіральних канавок здійснюється в процесі поздовжньої подачі S стола 1 фрезерного верстата з одночасним обертанням деталі 2, встановленої в шпинделі УДГ 3 та задньому центрі 4. Для узгодження обертання деталі з поздовжньою подачею стола використовується гітара змінних коліс $\frac{A}{B} \cdot \frac{C}{D}$ (рис. 2.15,в та рис. 2.16), що кінематично зв'язує ходовий гвинт поздовжньої подачі стола з кроком $t_{х.зв}$ з приводною шестернею ділильного диска. При цьому ділильний диск повинен бути звільнений від стопора, а фіксатор диска безпосереднього ділення - вимкнений.

Площина обертання фрези 5 повинна збігатися з кутом підйому β спіральної канавки. Для цього стіл фрезерного верстата треба повернути на кут, що відповідає куту підйому спіральної канавки:

$$\operatorname{tg} \beta = \frac{\pi D}{T},$$

де D - діаметр оброблюваної деталі, мм; T - крок спіралі яка нарізується, мм.

Якщо заданий кут підйому спіральної канавки β , кут повороту столу відносно осі шпинделя верстата з фрезою становить $\varphi = 90^\circ - \beta$.

Для фрезерування спіральної канавки необхідно, щоб за один оберт деталі стіл фрезерного верстата перемістився в поздовжньому напрямку на крок спіралі T .

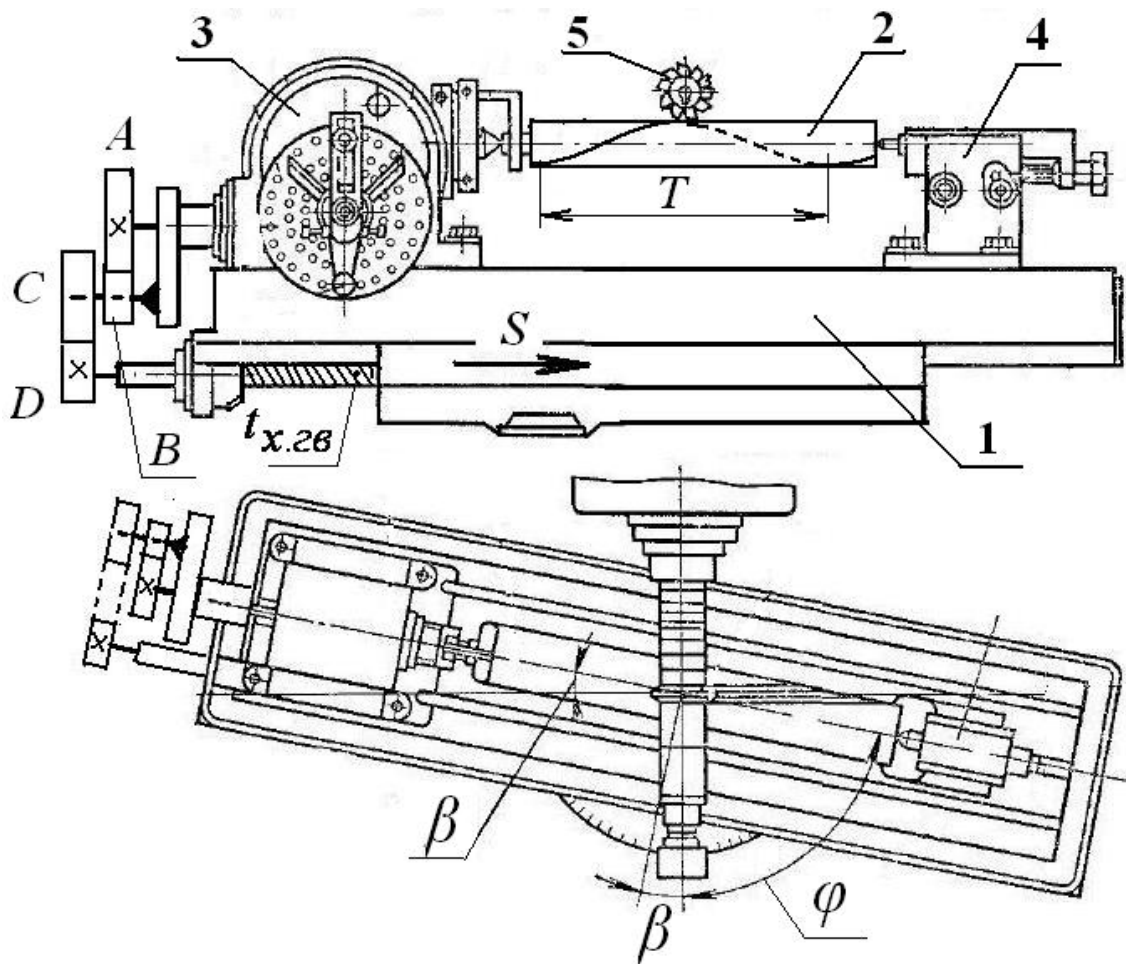


Рис. 2.16. Схема нарізання спіральної канавки за допомогою УДГ на фрезерному верстаті

Розрахункове переміщення:

1 оберт шпинделя $\rightarrow T$ мм переміщення столу

Рівняння кінематичного балансу ланцюга нарізання спіральної канавки (рис. 3, в):

$$1 \text{ оберт шпинделя} \cdot \frac{z_0}{k} \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot \frac{A}{B} \cdot \frac{C}{D} \cdot t_{x.zв.} = T$$

При $k = 1$, $z_0 = 40$ формула для настроювання гітари буде

$$\frac{A}{B} \cdot \frac{C}{D} = \frac{T}{40 \cdot t_{x.zв.}},$$

де $t_{x.zв.}$ - крок ходового гвинта стола верстата, мм; T – крок спіралі, що нарізується, мм.

При нарізуванні правих спіральних канавок між колесами A і B встановлюється паразитне колесо.

2.3.4. Варіанти завдань для кінематичного настроювання УДГ

В табл. 2.3 наведені основні технічні характеристики УДГ, а в табл. 2.4 індивідуальні завдання для різних способів їх настроювання.

Таблиця 2.3. Основні технічні характеристики універсальних ділильних головок

Характеристика	Типи ділильних головок				
	УДГ-Д-160	УДГ-Д-200	УДГ-Д-250	УДГ-Д-320	УДГ-Д-400
Найбільший діаметр виробу, мм	160	200	250	320	400
Діаметр отвору шпинделя, мм	14,9	20,2	26,5	38,2	38,2
Передаточне відношення черв'ячної пари	1:40	1:40	1:40	1:40	1:40
Число отворів ділильного диску: на одній стороні	16, 19, 23, 30, 33, 39, 49	16, 19, 23, 30, 33, 39, 49	16, 17, 19, 21, 23, 29, 30, 31	16, 17, 19, 21, 23, 29, 30, 31	16, 17, 19, 21, 23, 29, 30, 31
Число отворів ділильного диску: на другій стороні	17, 21, 29, 31, 37, 41, 54	17, 21, 29, 31, 37, 41, 54	33, 37, 39, 41, 43, 47, 49, 54	33, 37, 39, 41, 43, 47, 49, 54	33, 37, 39, 41, 43, 47, 49, 54
Ціна поділки лімбу безпосереднього ділення, град	15	15	15	15	15
Діаметр трикулачкового патрону, мм	100	125	160	160	200

Таблиця 2.4. Індивідуальні завдання для настроювання універсальних ділильних головок

№ варіанту	Тип УДГ	Спосіб ділення		
		Просте	З подвійним відліком	Диференціальне
1	УДГ-Д-160	15	66	51
2		28	77	53
3		7	99	57
4	УДГ-Д-200	25	72	59
5		18	132	61
6		9	154	67
7	УДГ-Д-250	34	65	71
8		24	91	77
9		11	51	63
10	УДГ-Д-320	32	114	69
11		26	57	79
12		13	102	81
13	УДГ-Д-400	22	42	83
14		27	84	87
15		14	119	89

2.3.5. Оформлення звіту

Звіт з практичної роботи вигляді протоколу на листах формату А4.

Рекомендована структура звіту:

1. Титульна сторінка з назвою лабораторної роботи, прізвищами членів бригади та викладача, номером групи та датою складання протоколу.
2. Загальні відомості про методи настроювання УДГ.
3. Кінематичні схеми настроювання УДГ.
4. Розрахункові переміщення та рівняння кінематичного балансу для різних методів настроювання УДГ.
5. Виконане індивідуальне завдання за даними табл. 2.3.

2.3.6. Контрольні запитання

1. Якими є призначення, принцип роботи та характеристика УДГ?
2. Які методи настроювання УДГ?
3. Яким є метод простого ділення?
4. Яким є метод комбінованого (з подвійним відліком) ділення?
5. Яким є метод диференціального ділення?
6. Як фрезерувати спіральні канавки з використанням УДГ?

3. ІНСТРУКЦІЇ ДО ВИКОНАННЯ ЛАБОРАТОРНИХ РОБІТ

3.1. Настроювання зубодовбального верстата на обробку прямозубих коліс

Мета роботи: Ознайомлення із принципом роботи зубодовбального верстата, його кінематикою, будовою і настроюванням на обробку зубчатих коліс.

Порядок виконання роботи

1. Ознайомлення із призначенням і принципом роботи верстата.
2. Вивчення кінематики та будови верстата.
3. Настроювання верстата на обробку заданої деталі.

3.1.1. Призначення і принцип роботи зубодовбальних верстатів

Зубодовбальні верстати призначені для обробки прямозубих та косозубих циліндричних коліс, зовнішнього та внутрішнього зачеплення, зірочок, зубчастих секторів, евольвент них шліцьових валів малої довжини та рейок. Для нарізання косозубих коліс та рейок верстати обладнуються спеціальними пристроями. Зубодовбальні верстати особливо ефективні при обробці блоків зубчастих коліс та внутрішніх зачеплень. Зубодовбальні верстати працюють методом обкатування, тобто в процесі обробки відтворюється зачеплення двох зубчастих коліс, відтворюючого та того, що нарізають. Відтворююче колесо утворюється різальними кромками довбача, який здійснює зворотно-поступальний та обертальний рухи [8].

При роботі зубодовбального верстата здійснюються наступні рухи :

I. Зворотно-поступальний рух довбача - головний рух.

II. Обертання довбача – кругова подача.

III. Обертання заготовки, узгоджене з обертанням довбача таким чином, що імітується зачеплення двох зубчастих коліс – рух обкатування.

IV. Радіальне врізання довбача на початку процесу обробки та швидке відведення після обробки всіх зубів на заготовці – радіальна подача.

Радіальне переміщення довбача в процесі обробки у верстаті здійснюється спеціальним кулачком. До кулачка пружиною притискається ролик, що

пов'язаним із супортом. При обертанні кулачка ролик супорта обкатується по кривій врізання АВ (рис. 3.1) і відбувається врізання довбача на глибину різання. Шлях врізання на оброблюваній заготовці позначено кривою $A'B'$. Після врізання довбача на потрібну глибину (в точці B') заготовка повинна зробити один повний оберт при постійній міжцентровій відстані між довбачем і заготовкою, для чого на кулачку є ділянка ВС постійного радіуса. Після обробки всіх зубів супорт відводиться пружиною від заготовки, ролик обкатується по ділянці СА кулачка.

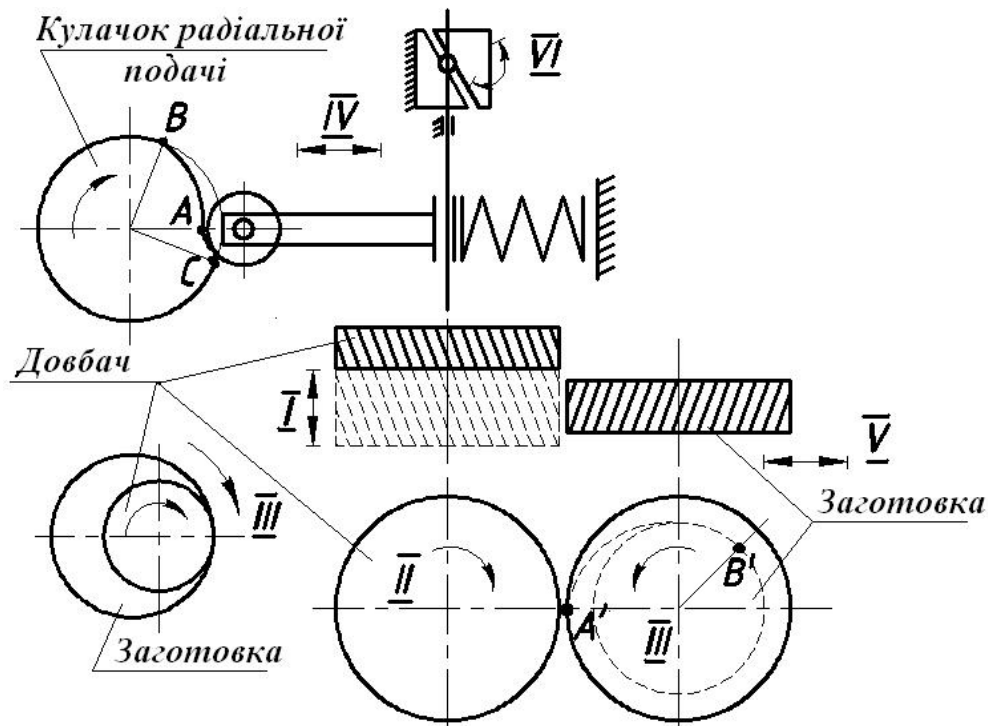


Рис. 3.1. Схема рухів в зубодовбальному верстаті при обробці зубчатих коліс

V. Допоміжні зворотно-поступальні рухи стола з заготовкою для відведення заготовки від довбача під час його зворотних (холостих) ходів з метою уникнути тертя зубів довбача об заготовку при холостих ходах.

VI. Додаткове обертання довбача при обробці косозубих коліс здійснюється за допомогою спеціального налагодження. На штоселі (шпинделі, який несе довбач) та черв'ячному колесі, яке передає обертання штоселю, закріплюються гвинтові напрямні, кут підйому яких дорівнює куту підйому зубів косозубого колеса, яке оброблюється.

При осьовому переміщенні штоселя гвинтова поверхня напрямних додатково повертає штосель з довбачем навколо осі штоселя, тобто довбач отримує додатковий рух.

Обробка косозубих коліс відбувається косозубими довбачами з кутом підйому зубів, що дорівнює куту підйому зубів нарізуваного колеса. Для обробки пари зубчастих коліс, що мають різний напрямок підйому зубів, необхідно мати два довбачі та дві наладки.

3.1.2. Кінематика верстата, його будова та налагодження

Верстат мод. 5В12 призначений для нарізання циліндричних прямозубих і косозубих коліс зовнішнього та внутрішнього зачеплення. Загальний вигляд верстата з поясненням призначення рукояток управління наведено на рис. 3.2, кінематична схема на рис. 3.3.

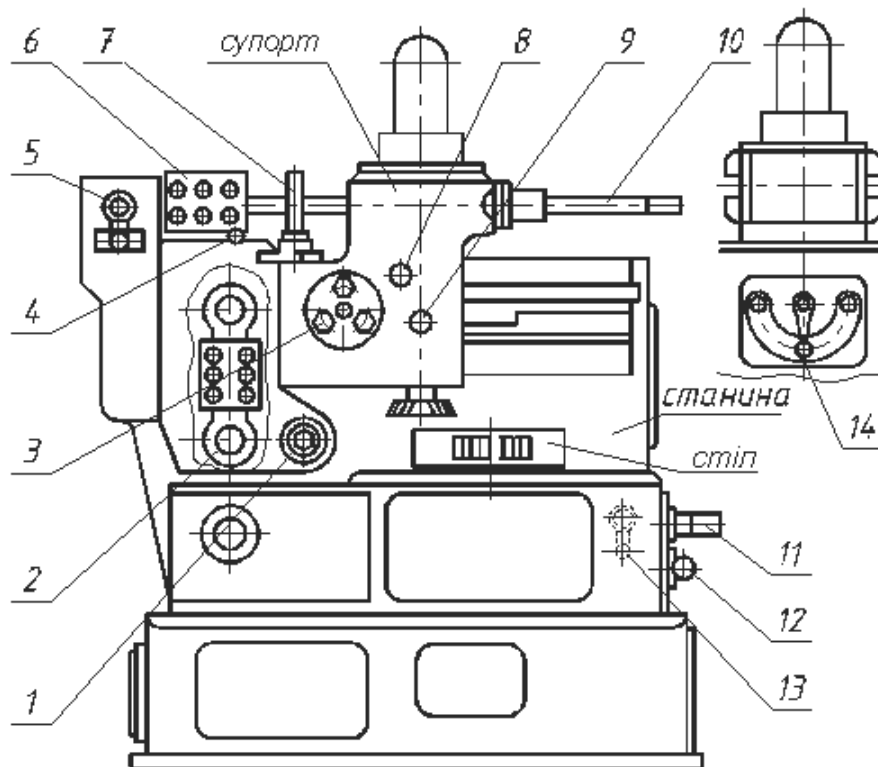


Рис. 3.2. Загальний вигляд верстата 5В12 і органів його управління:

1 – ручний привод зворотно-поступального руху довбача, 2 – шатун, 3 – гайки для фіксації супорта, 4 – ручний привод обертання кулачка радіальної подачі супорта, 5 – рукоятка реверса обертання довбача, 6 – кнопкова станція, 7 – рукоятка з лімбом для встановлення супорта на потрібну глибину різання, 8 – привод для установчого переміщення супорта, 9 – фіксація супорта, 10 – привод ручного обертання штоселя, 11 – привод ручного обертання стола, 12 – рукоятка гідрозатиску виробу, 13 – рукоятка реверса обертання стола, 14 – рукоятка коробки радіальних подач

На верстаті можна нарізати зубчасті колеса зовнішнього зачеплення діаметром від 8 до 208 мм. Найбільший модуль зубів - 4мм. Найбільший хід штоселя – 55мм. Верстат працює за замкненим автоматичним циклом, причому після пуску верстата починається одночасний рух довбача, обкатка і радіальна

[illegible]

I - штосель, **II** - гітара ділення, **III** – гвинт кривошипа, **IV** - кулачок стола, **V** – палець кривошипа, **VI** - шатун, **VII** - гітара кругової подачі, **VIII** - кулачок радіальної подачі штоселя, **IX** - коробка радіальної подачі, i_n – передаточне відношення ступінчатих шківів пасової передачі, a, b та A, B, C, D - змінні колеса гітар кругової подачі та ділення

65

Призначення трензелів. Трензелем називають передачу, що містить зубчасте колесо, яке може займати кілька положень і забезпечити, відповідно, обертання в ту чи іншу сторону, або зайняти нейтральне положення і відключити обертання, що передається від двигуна.

За допомогою двох трензелів можливо змінювати напрямок обертання як заготовки, так і довбача. Реверсування обертання довбача (заготовки) відбувається при перемиканні зубчатого колеса $Z=64$ ($Z=80$), яке здійснюється рукояткою 5 (13) (рис. 3.2). При перевірці биття довбача чи заготовки зубчаті колеса $Z=64$ ($Z=80$) встановлюють в нейтральне положення, а обертання довбача (заготовки) здійснюється вручну накидною рукояткою, яку встановлюють на вал 10 (11). Переключенням одного трензеля можна узгодити напрямок обертання довбача і заготовки при нарізанні коліс зовнішнього та внутрішнього зачеплення. Наявність на верстаті двох трензелів дозволяє забезпечити: А) рівномірне зношування зубів довбача і Б) підвищити якість обробки косозубих коліс.

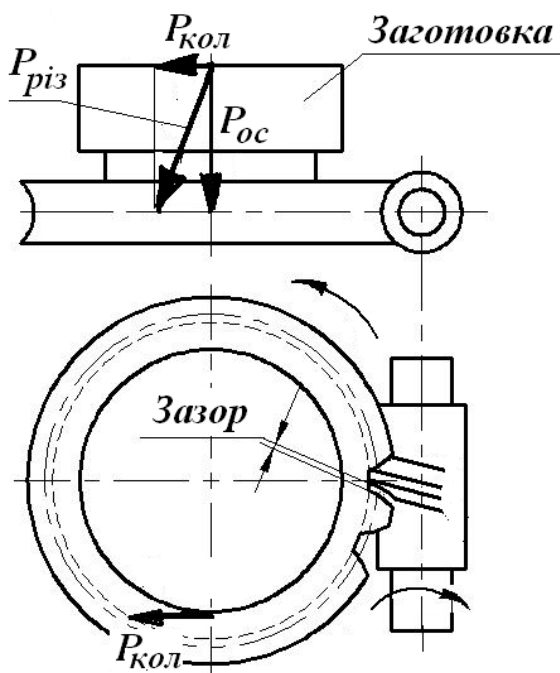


Рис. 3.4. Схема сил різання і впливу бокового зазору при обробці косозубих коліс

$P_{ос}$ - спрямовану вздовж осі заготовки та $P_{кол}$ - колову, яка намагається повернути стіл з черв'ячним колесом (рис. 3.4). Між витком черв'яка та зубами черв'ячного колеса є боковий зазор, величина якого залежить від точності зубчастої пари.

А. При обробці коліс зуби довбача зношуються з однієї сторони більше. Для того, щоб отримати рівномірне зношування зубів з двох сторін (тим самим збільшити період стійкості довбача) довбач та заготовка одночасно реверсуються.

Б. При обробці прямозубих коліс напрямок обертання заготовки не впливає на точність виготовлення, а при обробці косозубих коліс впливає. Силу різання - $P_{різ}$, яка в процесі нарізання косозубого колеса діє вздовж гвинтової лінії зуба, можна розкласти на дві складові, а саме:

При обертанні черв'яка контакт між витком черв'яка та зубом черв'ячного колеса стола відбувається на ведучій поверхні витка черв'яка, а між протилежним боком витка черв'яка і зубом шестерні утворюється зазор, тому обертання заготовки має бути спрямоване назустріч $P_{\text{кол}}$. Якщо напрямок обертання заготовки та $P_{\text{кол}}$ співпадає, то в процесі різання стіл буде періодично повертатися на величину зазору, що викликає погіршення якості виробу.

Настроювання ланцюга головного руху

Зворотно-поступальний рух штосель разом з довбачем отримують від електродвигуна через клинопасову передачу, кривошип, шатун, зубчатий сектор та кругову рейку на штоселі (рис.3.3). Розрахункове переміщення:

$$n \text{ об.двигуна} \rightarrow n \text{ подв.ходів довбача.}$$

За допомогою ступінчастих шківів можна отримати кілька чисел подвійних ходів довбача, а саме: 200, 315, 425, 600 подв. х/хв.

Величина ходу штоселя регулюється зміщенням в радіальному напрямку пальця V кривошипа гвинтом III. Положення ходу довбача по вертикалі регулюється зміною довжини шатуна VI. Вертикальне переміщення штоселя можна здійснювати вручну, обертаючи шестерню $z=58$ рукояткою (рис. 3.2).

Настроювання ланцюга кругової подачі

Круговою подачею $S_{\text{кр}}$ на верстаті мод. 5B12 називається довжина дуги повороту ділильного кола довбача (або заготовки) в мм за один подвійний хід довбача. Таким чином, за один подвійний хід (один оберт кривошипа) довбач має повернутися на величину $S_{\text{кр}}$ в мм дуги ділильного кола довбача ($S_{\text{кр}}$ приймається за нормативами режимів різання).

Розрахункове переміщення

$$1 \text{ подв.хід довбача} \rightarrow S_{\text{кр}} \text{ мм повороту довбача} \quad (1)$$

Рівняння кінематичного балансу

$$1 \frac{4}{50} \frac{a}{b} \frac{64}{48} \frac{48}{64} \left\langle \frac{\frac{64}{35}}{\frac{64}{64}} \right\rangle \cdot \frac{1}{90} \pi n z_{\partial} = S_{\text{кр}} \quad (1a)$$

де m - модуль довбача, мм; z_{∂} - кількість зубів довбача.

Формула настроювання гітари кругової подачі

$$\frac{a}{b} = i_{z.kp} \cong \frac{S_{kp} 358}{m Z_{\partial}} \quad (16)$$

Настроювання ланцюга ділення або обкатування

За умовою обкатки, повороту довбача на один зуб, тобто на $1/z_{\partial}$ оберта, має відповідати поворот заготовки на один зуб, тобто на $1/z$ оберту, або, за один оберт довбача заготовка повинна зробити z_{∂}/z обертів.

Розрахункове переміщення:

$$1 \text{ об. довбача} \rightarrow \frac{z_{\partial}}{z} \text{ об. заготовки} \quad (2)$$

Рівняння кінематичного балансу

$$1 \frac{1}{90} \left\langle \begin{array}{cc} \frac{64}{35} & \frac{35}{64} \\ \frac{64}{64} & \end{array} \right\rangle \frac{64}{48} \frac{48}{64} \frac{A}{B} \frac{C}{D} \frac{52}{74} \frac{74}{44} \left\langle \begin{array}{cc} \frac{44}{35} & \frac{35}{80} \\ \frac{44}{80} & \end{array} \right\rangle \frac{80}{39} \frac{1}{120} = \frac{z_{\partial}}{z} \quad (2a)$$

Формула настроювання гітари ділення

$$i_{z.дел} = \frac{A}{B} \frac{C}{D} = \frac{z_{\partial}}{z} \quad (2б)$$

Настроювання ланцюга радіальної подачі

В залежності від вимог до точності зубчатого колеса, що нарізується, величини модуля та матеріалів заготовки і довбача на верстаті передбачена можливість нарізування зубів за один, два або три проходи. Для настроювання на різну кількість проходів на верстаті передбачено три змінні кулачки та коробка радіальних подач, що дозволяє отримати три швидкості обертання кулачка (рис. 3.5).

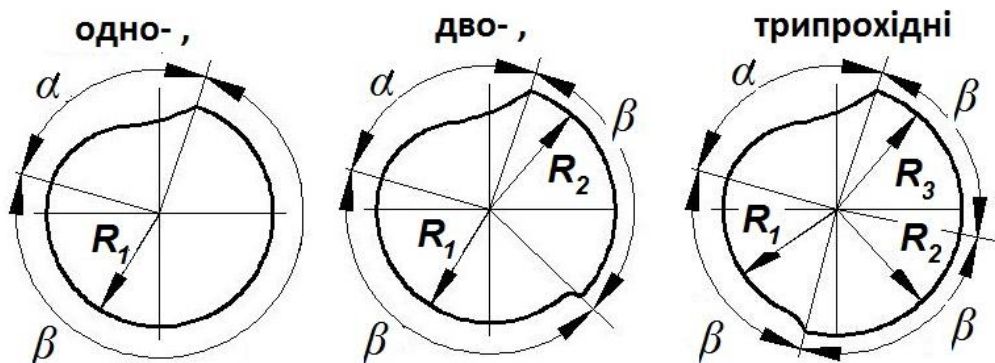


Рис. 3.5. Змінні кулачки радіальної подачі

На змінних кулачках ділянки для врізання та відведення довбача розташовуються на дузі, яка приблизно дорівнює $\alpha = 90^\circ$. За час повороту кулачка на кут 270° , що залишився, заготовка має зробити відповідно один, два або три оберти при використанні одно-, двох-, чи трипрохідної обробки, отже, за один оберт заготовки кулачок має повернутися на кут $\beta = 270^\circ, 135^\circ$ або 90° , тобто на ділянки, що відповідають цим кутам і мають постійні радіуси. Криві переходу з одного радіуса на іншій займають малі кути, тому при розрахунках їх величини не враховують.

Розрахункове переміщення:

$$1\text{об.заготовки} \rightarrow \frac{\beta^0}{360^0} \text{об.кулачка} \quad (3)$$

Рівняння кінематичного балансу:

$$1 \frac{120}{1} \frac{39}{80} \frac{80}{44} \frac{44}{74} \frac{74}{52} \frac{40}{80} i_{z.kp} \frac{1}{100} = \frac{\beta^0}{360^0} \quad (3a)$$

Формула настроювання коробки радіальних подач:

$$i_{k.под} = \frac{\beta^0}{162} \quad (3б)$$

При обробці в один, два, або три проходи використовуються пари коліс $\frac{48}{28}$, $\frac{35}{41}$, або $\frac{28}{48}$. Цикл роботи найбільш складного трипрохідного кулачка містить наступні рухи: врізання довбача на глибину чорнового проходу, чорнове нарізання зубів за перший оберт заготовки, додаткове врізання довбача, напівчистова обробка за другий оберт заготовки, остаточне врізання довбача на повну висоту зуба, чистова обробка за третій оберт заготовки та відведення довбача.

3.1.3. Послідовність настроювання верстата

За даними для настроювання, отриманими у викладача, визначаються передаточні відношення гітар і підбираються змінні колеса.

Комплект змінних коліс

а) Гітари кругових подач: 35, 40, 46, 52, 58, 64, 70, 75, 58, 60 (умова зчеплення **$a+v=110$**);

б) Гітари обкатування 24, 25, 27, 28, 31, 34, 36, 38, 40, 43, 44, 45, 47, 48, 49, 50, 52, 56, 57, 58, 60 (2 шт.), 61, 62, 64, 66, 68, 69, 70, 72, 74, 75, 76, 77, 78, 80, 81, 82, 84, 85, 86, 87, 88, 90, 92, 94, 95, 96, 98 (умова зчеплення **$A+B=120$**).

Настроювання верстата на обробку циліндричних прямозубих коліс виконуються в такій послідовності:

1. Встановлюються змінні колеса гітар.
2. Встановлюється необхідна довжина ходу довбача і його положення (по вертикалі) щодо заготовки з урахуванням врізання і перебігу.
3. Встановлюється і закріплюється довбач і заготовка.
4. Встановлюється довбач на глибину різання в такий спосіб:
 - а) повертають кулачок радіальної подачі (рукояткою 4, рис. 3.2) доти, доки ролик не встановиться на найбільшому радіусі кулачка (рис. 3.6), що відповідає положенню, при якому відбувається обробка заготовки на повну висоту зуба (циліндрична ділянка);
 - б) рукоятку реверса довбача (трензель) 5 встановлюють в нейтральне положення, вручну повертають довбач таким чином, щоб зуб довбача розташовувався симетрично щодо лінії, яка з'єднує осі інструмента і заготовки;

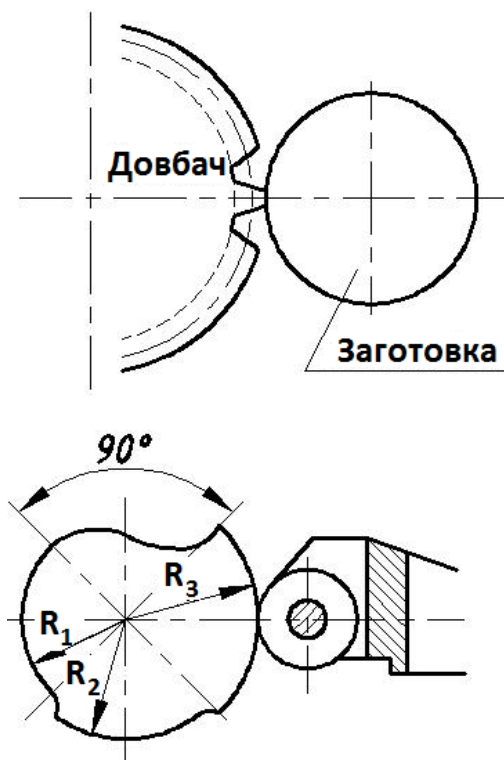


Рис. 3.6. Схема установки довбача на глибину різання.

в) вмикається верстат і обертанням рукоятки 7 (рис. 3.2) підводять зуб довбача до торкання із заготовкою, вимикають верстат;

г) при вимкненому верстаті повертають кулачок радіальної подачі (рукояткою 4, рис. 3.2) доти, доки ролик супорта не розташується у западині кулачка та прийме початкове положення;

д) переміщують супорт рукояткою 4, використовуючи лімб з ціною поділки 0,01 мм, на величину, яка дорівнює висоті зуба;

е) вмикають трензель довбача (рукояткою 5, рис. 3.2).

3.1.4. Техніка безпеки під час роботи на верстаті

1. Перевірити працездатність індивідуального ввідного вимикача верстата та органа аварійного вимкнення.
2. Ввімкнути пристрій місцевого освітлення індивідуальним вимикачем.

3. Перевірити правильність базування та кріплення заготовки.
4. Спостереження за ходом обробки проводиться тільки в присутності викладача чи лаборанта.
5. При виникненні несправності студенти не допускаються до її самостійного усунення.

**Пуск верстата дозволяється здійснювати тільки в присутності
лаборанта або викладача, який проводить навчання**

3.1.5. Варіанти завдань для кінематичного настроювання верстата

В таблиці 3.1 наведені вихідні дані для настроювання зубодовбального верстата на нарізання прямозубих зубчастих коліс.

Таблиця 3.1. Варіанти індивідуальних завдань

№ вар.	Швидкість різання V , м/хв.	Хід довбача L , мм	Модуль m , мм	Кругова подача $S_{кр}$	Число зубів довбача Z_0	Число зубів коlesa Z	Кулак радіальної подачі
1	20	15	1,0	0,1	76	98	1
2	20	15	1,25	0,12	60	92	1
3	18	16	1,5	0,15	50	88	1
4	18	16	1,75	0,18	43	84	2
5	16	18	2,0	0,2	38	77	2
6	16	18	2,25	0,22	34	72	2
7	15	20	2,5	0,24	30	62	2
8	15	20	2,75	0,3	28	58	3
9	12	22	3,0	0,37	25	47	3
10	12	22	3,5	0,4	22	44	3
11	10	25	4,0	0,46	19	31	3
12	20	15	1,0	0,1	100	94	1
13	20	15	1,25	0,12	80	85	1
14	18	16	1,5	0,15	68	81	1
15	18	16	1,75	0,18	58	78	2
16	16	18	2,0	0,2	50	75	2
17	16	18	2,25	0,22	45	70	2
18	15	20	2,5	0,24	40	69	2
19	15	20	2,75	0,3	36	64	3
20	12	22	3,0	0,37	34	56	3
21	12	22	3,5	0,4	28	48	3
22	10	25	4,0	0,46	25	40	3
Умова зчеплення гітари кругових подач: $a+b=110$							
Умова зчеплення гітари обкатування: $A+B=120$							

3.1.6. Оформлення звіту

Звіт з лабораторної роботи оформлюється в 1 прим. на бригаду у кількості 4 – 6 студентів у вигляді протоколу на листах формату А4. Рекомендована структура звіту:

1. Титульна сторінка з назвою лабораторної роботи, прізвищами членів бригади та викладача, номером групи та датою складання протоколу.
2. Загальні відомості про технологічні можливості верстата.
3. Кінематична схема верстата.
4. Перелік формоутворюючих рухів верстата.
5. Розрахункові переміщення, рівняння кінематичного балансу та формули настроювання всіх формоутворюючих рухів верстата.
6. Виконані індивідуальні завдання кожного з членів бригади за даними табл. 3.1.

3.1.7. Контрольні запитання

1. Яке призначення і принцип роботи зубодовбального верстатів?
2. Які рухи необхідні для процесу зубодовбання, і який їх взаємозв'язок?
3. Як настроїти ланцюг головного руху?
4. Як настроїти ланцюг кругової подачі?
5. Як настроїти ланцюг ділення або обкатування?
6. Як настроїти ланцюг радіальної подачі?
7. Які призначення кулаків радіальної подачі?
8. Які призначення трензелів реверсу?

3.2. Настроювання зубофрезерного верстата на обробку циліндричних коліс

Мета роботи: Ознайомлення з принципом роботи зубофрезерного верстата, його кінематикою, будовою і настроюванням на обробку прямозубих і косозубих циліндричних коліс.

Порядок виконання роботи

1. Ознайомлення з призначенням і принципом роботи верстата.
2. Вивчення кінематики та будови верстата.
3. Настроювання верстата на обробку заданої деталі.

3.2.1. Призначення і принцип роботи зубофрезерних верстатів, що працюють черв'ячною фрезой

Зубофрезерні верстати, що працюють черв'ячною фрезой, є найпоширенішим видом зуборізного обладнання. Вони призначені для обробки прямозубих і косозубих циліндричних коліс зовнішнього зачеплення, зірочок ланцюгових передач, коротких шліцевих валів і черв'ячних коліс. Верстати працюють методом обкочування [5,8]. У процесі нарізання зубів відтворюється зачеплення черв'ячної пари, де черв'яком є черв'ячна модульна фреза, а черв'ячним колесом – заготовка. При цьому заготовка, що обертається, своїми зубами обкатується по зубах відтворюючої рейки, утвореної зубами фрези. При обертанні фрези зуби відтворюючої рейки рухаються паралельно осі фрези. Для того, щоб прорізати зуб по довжині, фреза одержує рух вздовж зубів заготовки.

Для виготовлення зубчастих коліс необхідно здійснювати наступні елементарні рухи, (рис. 3.7.):

1. Обертання фрези (I) - головний рух.
2. Обертання заготовки (II), узгоджене з обертанням фрези (I).
3. Подача фрези (III), паралельна осі заготовки. Вертикальна подача може здійснюватись зверху вниз (зустрічне фрезерування) або знизу вгору (попутне фрезерування). При попутному фрезеруванні забезпечується зменшення шорсткості оброблених поверхонь зубів та допустимим є збільшення швидкості різання на 20 – 25%.

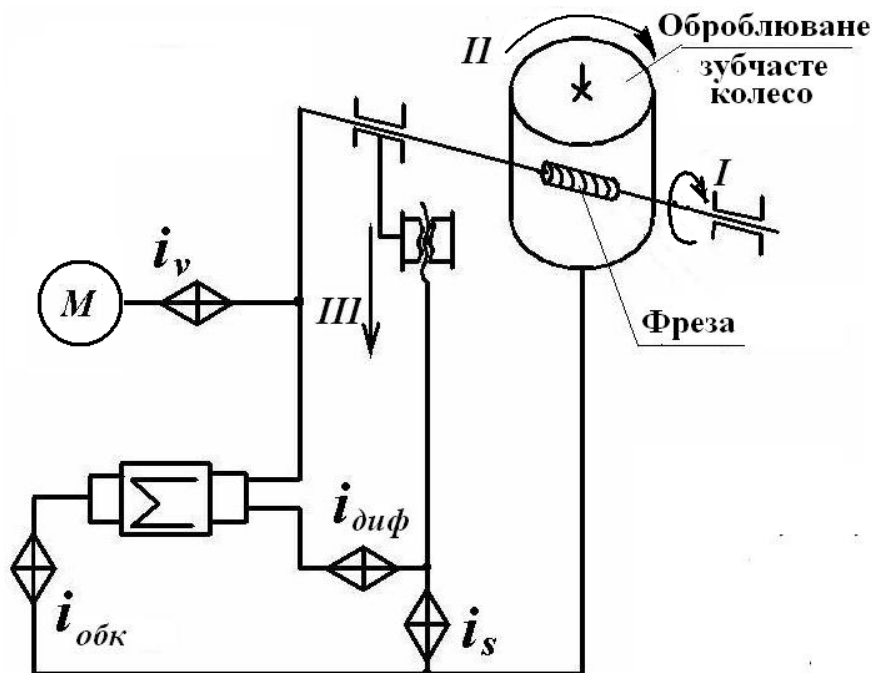


Рис. 3.7. Принципова кінематична схема зубофрезерного верстата, де M – двигун; i_v , i_s , $i_{обк}$ та $i_{диф}$ - вузли налаштування кінематичних ланцюгів: головного руху, подачі, обкатки і диференціала; Σ - диференціальний механізм - суматор рухів

Універсальні зубофрезерні верстати, призначені для одиничного та серійного виробництва, мають диференціал – суматор рухів стола із заготовкою. Наявність диференціала спрощує налаштування верстата, але дещо збільшує його вартість і вносить додаткові кінематичні похибки (як наслідок використання довгих ланцюгів).

Зубофрезерні верстати для серійного виробництва не оснащують диференціалом. Відсутність диференціала дозволяє отримати більш жорсткий кінематичний ланцюг, що зв'язує обертання фрези та заготовки і є основою для підвищення точності обробки.

Деякі моделі зубофрезерних верстатів оснащуються протяжним супортом, що забезпечує осьове переміщення фрези. Наявність протяжного супорта дозволяє нарізати черв'ячні колеса методом тангенціальної подачі (осьова подача фрези відносно деталі є тангенціальною) з використанням черв'ячної фрези або різцем, встановленим в оправці («летючим» різцем). Осьову подачу фрези можна застосувати при нарізанні циліндричних коліс методом діагональної подачі: фреза одержує одночасно вертикальну і осьову подачі.

Рівномірна осьова подача фрези в процесі обробки забезпечує її рівномірне зношування, що збільшує термін її експлуатації до переточування. За

відсутності осьової подачі фрези з метою забезпечення її рівномірного зносу можна періодично переставляти фрезу вздовж її осі при переналагодженні.

Черв'ячні колеса з малим кутом (менше $6^0 \div 7^0$) підйому гвинтової лінії зубів нарізають радіальною подачею стола із встановленою заготовкою, якщо такий рух передбачено конструкцією верстата.

Напрямок обертання фрези та заготовки повинні бути погоджені. У всіх випадках черв'ячна фреза повинна встановлюватися так, щоб її нормальний модуль розташовувався в площині нормального модуля заготовки. При цьому витки фрези спрямовуються вздовж лінії зуба заготовки (рис. 3.8).

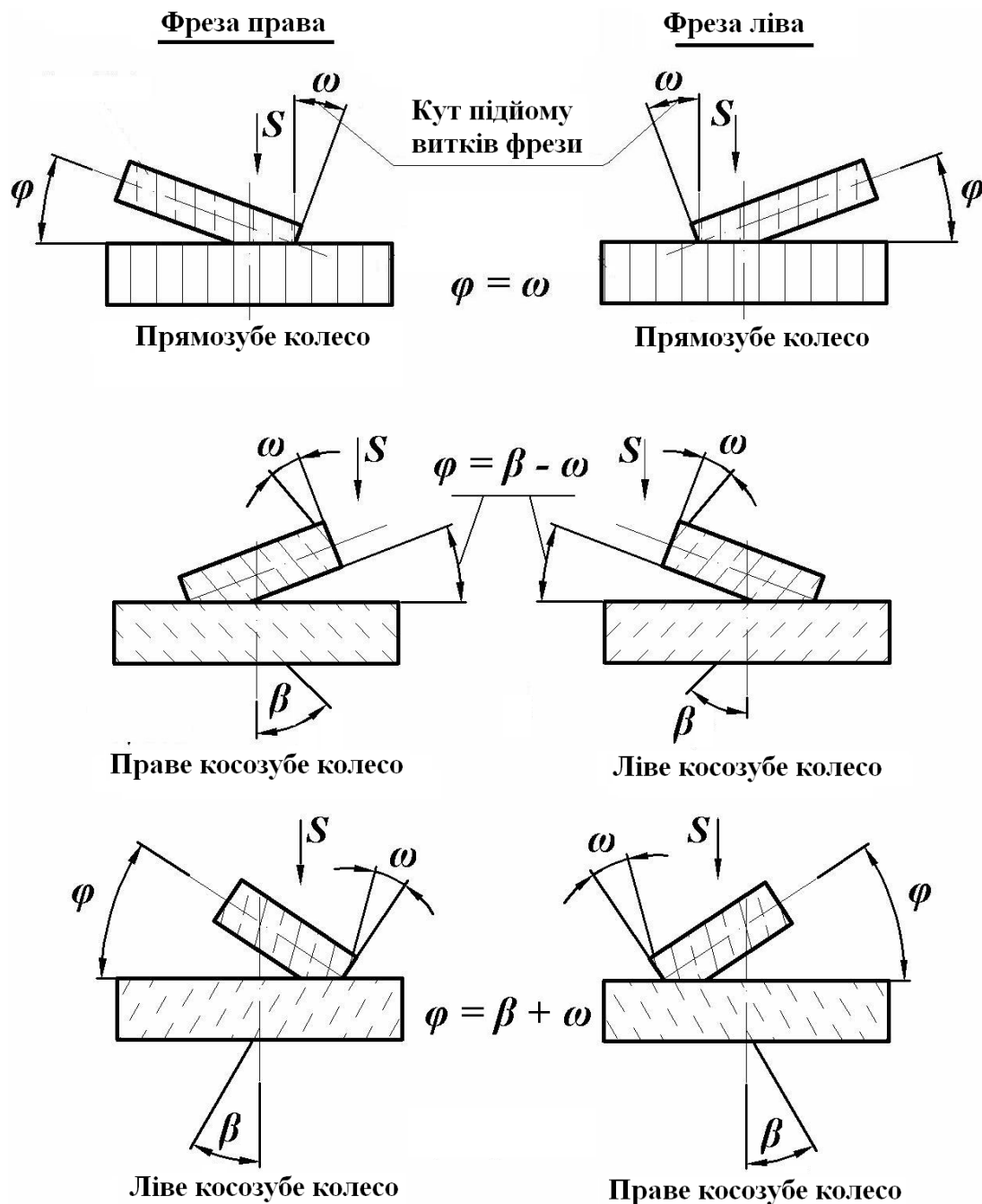


Рис. 3.8. Схеми встановлення фрези при нарізанні циліндричних коліс

Нормальний модуль на фрезі розташовується уздовж гвинтової канавки, під кутом ω° до осі фрези, тому при обробці прямозубих коліс правозаходною, або лівозаходною, фрезою її вісь повертається за або проти годинникової стрілки на кут ω° .

При нарізуванні косозубих коліс фреза додатково із цього положення повертається на кут β нахилу зубів, які нарізуються.

3.2.2. Кінематика і налагодження верстата

Передача руху від електродвигуна до вузлів верстата здійснюється за наступними кінематичними ланцюгами (рис.3.9):

1. Обертання фрези - головний рух

$$1430 \text{ об/хв} \cdot \frac{100}{260} \cdot i_{\text{к.шв}} \cdot \frac{24}{36} \frac{26}{26} \frac{16}{48} = n \text{ об/хв},$$

$$\text{де } i_{\text{к.шв}} = \left| \begin{array}{c|c} 46 & \\ \hline 72 & \\ 33 & 52 \\ \hline 59 & 66 \\ 41 & 51 \\ \hline 51 & 67 \\ & 59 \\ & 59 \end{array} \right| - \text{передаточне відношення коробки швидкостей верстата.}$$

Коробка швидкостей забезпечує вісім швидкостей обертання фрези, а саме: 26, 31, 39, 49, 67, 81, 99, 127 об/хв.

2. Обертання стола.

$$1430 \text{ об/хв} \cdot \frac{100}{260} i_{\text{к.шв}} \frac{22}{33} \cdot 1 \cdot \frac{A}{B} \frac{C}{D} \left| \frac{\frac{1}{24} \frac{A_1}{B_1} \frac{C_1}{D_1} \frac{36}{36} \frac{A_2}{54} \frac{C_2}{B_2} \frac{3}{D_2} \frac{27}{27} \cdot 2 \cdot \frac{A}{B} \frac{C}{D}}{\frac{1}{72}} \right| = n \text{ об/хв}$$

де 1 і 2 передаточні відношення конічного диференціала; А-В-С-Д, А₁-В₁-С₁-Д₁, А₂-В₂-С₂-Д₂ – змінні зубчасті колеса гітар обкатки, подачі і диференціала.

3. Вертикальне переміщення (подача) фрезерного супорта.

По одному кінематичному ланцюгу фрезерний супорт одержує повільні робочі подачі, по іншому - швидкі переміщення для холостих ходів.

Робочі подачі

$$1430 \text{ об/хв} \cdot \frac{100}{260} i_{\text{к.шв}} \frac{22}{33} \frac{A}{B} \frac{C}{D} \frac{1}{24} \frac{A_1}{B_1} \frac{C_1}{D_1} M_1 \frac{38}{38} \frac{38}{38} \frac{2}{30} 10 = S \text{ мм/хв.}$$

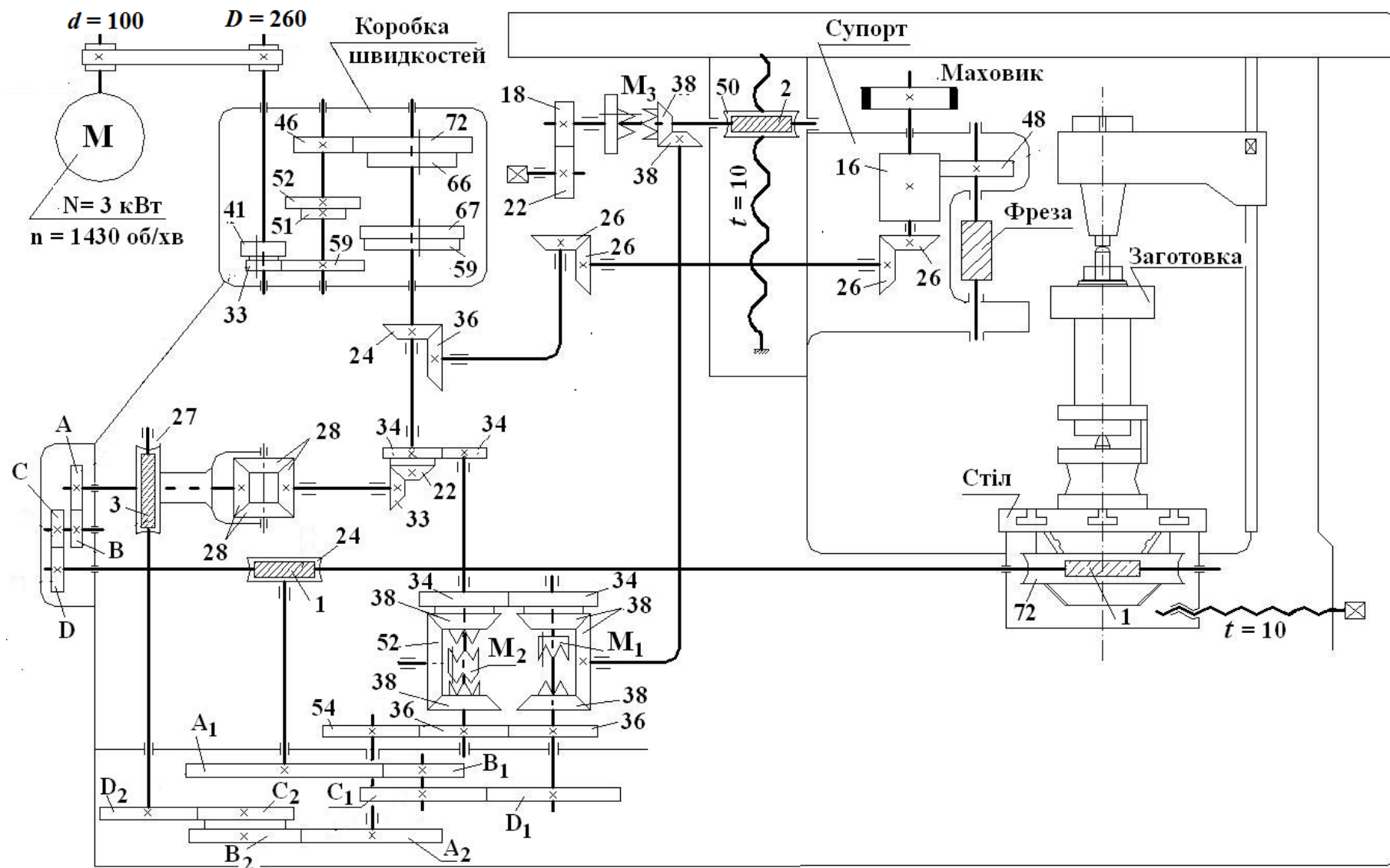


Рис. 3.9. Кінематична схема зубофрезерного верстата: ABCD – змінні колеса гітари обкатки; A₁B₁C₁D₁ – змінні колеса гітари подачі; A₂B₂C₂D₂ – змінні колеса гітари диференціала; M₁, M₂ і M₃ - муфти включення робочої, прискореної подачі і ходового гвинта

Швидке (прискорене) переміщення

$$1430 \text{ об./хв.} \cdot \frac{100}{260} i_{\text{к.шв}} \frac{34}{34} \left\langle \begin{array}{cc} \frac{38}{52} & \frac{52}{38} \\ - & M_2 \end{array} \right\rangle \frac{34}{34} \frac{38}{38} \frac{38}{38} \frac{2}{30} 10 = 1100 \text{ мм/хв.}$$

Муфти M_1 і M_2 вмикають робочу або швидку подачі, а M_3 – вмикає ходовий гвинт.

Диференціальний механізм і визначення його передаточного відношення

При нарізанні прямозубих циліндричних коліс напрямок подачі фрези співпадає з напрямком зубів, а при нарізанні косозубих коліс ці напрямки не співпадають, так як напрямок переміщення фрези (вертикальна подача) паралельний осі колеса, що нарізується. Тому при нарізанні косозубих коліс заготовка повинна отримати додаткове обертання, що здійснюється на цьому верстаті за допомогою диференціального механізму із конічних коліс, який скорочено називають диференціалом (рис. 3.10).

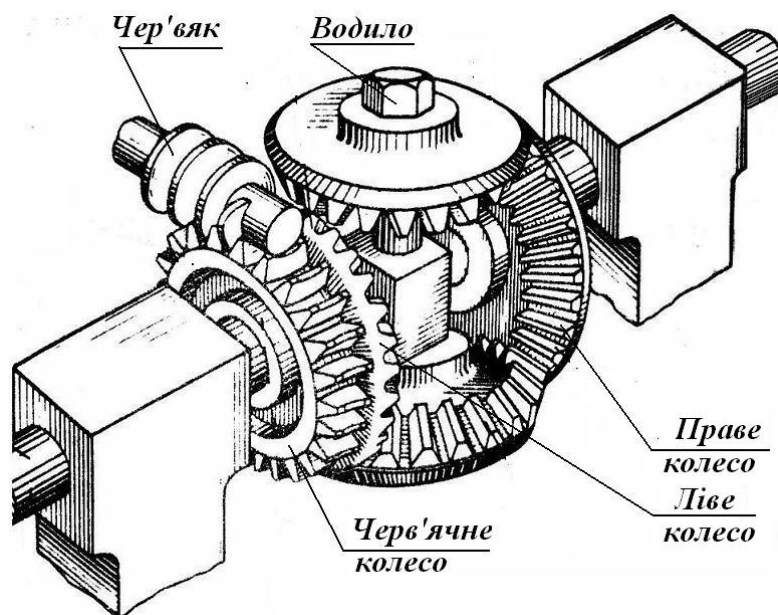


Рис. 3.10. Загальний вигляд конічного диференціала

В диференціалі, що встановлений на верстаті (рис. 3.11), праве колесо $z = 28$ отримує обертання від приводного електродвигуна, а водило - від стола із заготовкою через черв'ячну передачу $\frac{3}{27}$ по ланцюгу

$$\frac{1}{24} \frac{A_1}{B_1} \frac{C_1}{D_1} \frac{36}{36} \frac{36}{54} \frac{A_2}{B_2} \frac{C_{21}}{D_2} \frac{3}{27} = n \text{ об.води́ла}$$

Ці рухи в диференціалі алгебраїчно підсумовуються і передаються лівому колесу $z = 28$.

Передаточні відношення диференціала визначаються для кожного руху окремо, тобто при передачі обертання від правого колеса $z = 28$ до лівого $z = 28$ водило нерухоме, а при передачі обертання від водила до лівого колеса праве колесо є нерухомим.

Якщо водило нерухоме, то диференціал працює як звичайна передача, передаточне відношення якої дорівнює $\frac{28}{28} \frac{28}{28} = 1$.

При обертанні водила в диференціалі має місце планетарний рух. Обертаючись, водило перекатує сателіти по нерухомому правому колесу і вони змушують ліве колесо обертатися. Передаточне відношення цього планетарного руху можна визначити за формулою Вілліса, побудовою графіка швидкостей, або методом Свампа.

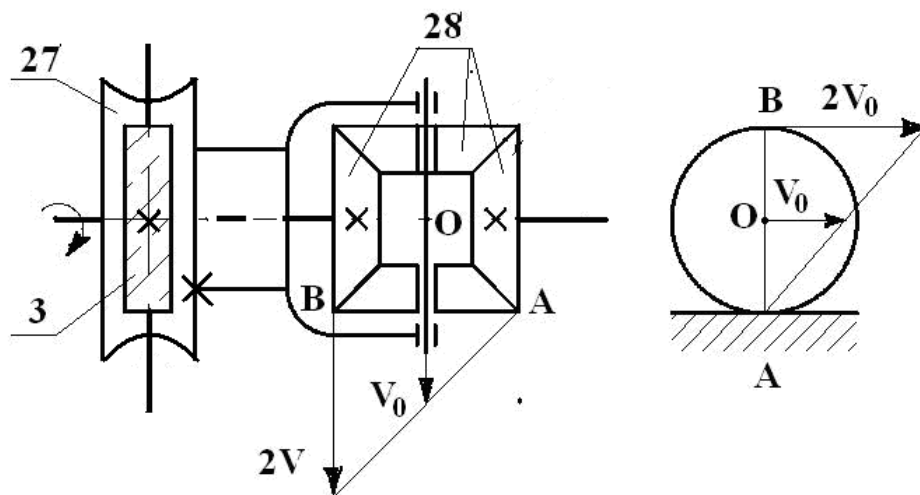


Рис 3.11. Диференціальний механізм та графік його швидкостей

При передачі обертання від водила диференціала до лівого колеса $z = 28$ при нерухомому правому в точці А контакту сателіта і правого колеса швидкість дорівнює нулю ($V_A = 0$), якщо швидкість центра О сателіта позначити V_0 , тоді швидкість сателіта і лівого колеса в точці В буде становити $2V_0$ тому, що радіуси сателіта та колеса однакові.

Передаточним відношенням називається відношення кутової швидкості (або обертів) веденої ланки до кутової швидкості (або обертів) ведучої ланки, отже, передаточне відношення диференціала дорівнює в цьому випадку.

$$i_{\text{диф}} = \frac{V_B}{V_o} = \frac{2V_0}{V_0} = 2.$$

Метод Свампа. При визначенні передаточного відношення руху від водила диференціала до лівого колеса має місце планетарний рух, який можна представити як суму двох простих рухів. Для визначення передаточного відношення від водила до лівого (або правого) колеса складається таблиця, у яку записують прості рухи і потім їх підсумовують:

Рух	Найменування елементів диференціала		
	колесо $z = 28$ праве	води́ло	колесо $z = 28$ лі́ве
	Кількість обертів		
Перший	1	1	1
Другий	-1	0	1
Сума	0	1	2

Перший рух. Уявимо собі, що весь вузол диференціала скріплений в один блок (колеса $z = 28$ праве і ліве та водило). Якщо цьому блоку надати один оберт навколо осі диференціала, то всі елементи цього блоку зроблять один оберт. Ці дані записують у перший рядок таблиці.

Другий рух. Вузол диференціала роз'єднано. Надаємо диференціалу такий рух, щоб в результаті додавання першого і другого рухів одержати один оберт водила і нуль обертів правого колеса.

Для цього під час другого руху водило повинно бути нерухомим, а правому колесу передається мінус один оберт (обертання назустріч першому руху), тоді ліве колесо робить один оберт і напрямок його обертання збігається з напрямком обертання, що здійснювався при першому русі.

Додаючи перший і другий рухи одержуємо два оберти лівого колеса за один оберт водила при нерухомому правому колесі, отже, передаточне відношення диференціала від водила до сателіта дорівнює 2.

Нарізання прямозубих коліс

При обробці прямозубих коліс необхідними є наступні рухи: обертання фрези, обертання заготовки та переміщення фрези паралельно осі заготовки.

Узгодження обертань фрези і заготовки можна забезпечити двома способами:

А. Бездиференціальним настроюванням: настроюється тільки ланцюг обкатки.

Б. Диференціальним настроюванням: настроюється два ланцюги – обкатки та диференціала.

А. Бездиференціальне настроювання верстата

1. Настроюється ланцюг головного руху, що забезпечує необхідну швидкість обертання фрези.

Розрахункове переміщення

$$n \text{ об/хв. двигуна} \quad n \text{ об/хв. заготовки} \quad (3.1)$$

Рівняння кінематичного балансу

$$1430 \text{ об/хв} \cdot \frac{100}{260} \cdot i_{\text{к.шв}} \cdot \frac{24}{36} \frac{26}{26} \frac{16}{48} = n \text{ об/хв} \quad (3.1,а)$$

2. Настроюється ланцюг вертикальної подачі. Подачею S_g в зуборізних верстатах називається переміщення фрези в мм за один оберт заготовки (стола).

Розрахункове переміщення

$$l_{\text{об.заготовки}} \longrightarrow S_g \text{ мм переміщення фрези} \quad (3.2)$$

Рівняння кінематичного балансу

$$1 \frac{72}{1} \frac{1}{24} \frac{A_1}{B_1} \frac{C_1}{D_1} i_{\text{з.под}} \frac{38}{38} \frac{38}{38} \frac{2}{30} 10 = S_g \quad (3.2,а)$$

Формула настроювання гітари подач

$$i_{\text{з.под}} = \frac{A_1}{B_1} \frac{C_1}{D_1} = \frac{S_g}{2} \quad (3.2,б)$$

Кінематичний ланцюг подач, розрахункові переміщення (3.2), рівняння кінематичного балансу (3.2,а) і формула настроювання гітари вертикальної подачі (3.2,б) однакові при настроюванні верстата на обробку як прямозубих, так і косозубих циліндричних коліс методами диференціального або бездиференціального настроювання.

3. Настроюється ланцюг обкатки. Вище повідомлялося, що при нарізуванні зубчастих коліс черв'ячна фреза і заготовка, що оброблюється, утворюють черв'ячну пару, тому за один оберт фрези заготовка повинна зробити $\frac{k}{z}$ обертів (k – кількість заходів фрези, z – кількість зубів оброблюваного колеса).

Розрахункове переміщення

$$l_{\text{об.фрези}} \longrightarrow \frac{k}{z} \text{ об. заготовки.} \quad (3.3)$$

Рівняння кінематичного балансу

$$1 \frac{48}{16} \frac{26}{26} \frac{26}{26} \frac{36}{24} \frac{22}{33} \cdot 1 \cdot \frac{A}{B} \frac{C}{D} \frac{1}{72} = \frac{k}{z}, \quad (3.3,а)$$

де 1 – передаточне відношення диференціала. При бездиференціальному настроюванні ланцюг диференціала вимикається, при цьому передаточне відношення диференціала дорівнює одиниці.

Формула настроювання гітари обкатки

$$i_{z.обк} = \frac{A}{B} \frac{C}{D} = 24 \frac{k}{z} \quad (3.3,б)$$

Після визначення необхідного передаточного відношення гітари підбирають змінні колеса і визначають напрямок обертання стола, що залежить від числа пар змінних коліс, встановлених на гітарі обкатки. Для зміни напрямку обертання стола в гітарі обкатки може бути використано додаткове «паразитне» колесо.

Б. Диференціальне настроювання верстата

Коли відсутні необхідні змінні колеса гітари обкатки (найчастіше при нарізуванні коліс із простим числом зубів 97; 101; 103; 113; 127 і т.д.), настроювання цієї гітари здійснюють з похибкою, яку компенсують за рахунок додаткового настроювання ланцюга диференціала.

Настроювання верстата відбувається в наступній послідовності:

1. Настроюється ланцюг головного руху за формулами (3.1), (3.1,а).
2. Настроюється ланцюг подач за формулами (3.2), (3.2,а), (3.2,б).
3. Настроюється ланцюг обкатки на нарізання колеса із числом зубів $z' \approx z$, тобто за один оберт фрези заготовка повинна зробити $\frac{k}{z'}$ обертів (z' вибирається довільно).

Розрахункове переміщення (3.3):

$$l_{об.фрези} \longrightarrow \frac{k}{z'} \text{ об. заготовки.}$$

Формула настроювання гітари обкатки (3.3,б):

$$i_{z.обк} = 24 \frac{k}{z'}.$$

4. Настроюється ланцюг диференціала. Через те, що гітару обкатки настроєно на нарізання z' зубів, тобто за один оберт фрези заготовка повернеться на $\frac{k}{z'}$ частину кола замість потрібного повороту на $\frac{k}{z}$ частину, величина похибки повороту заготовки за один оберт фрези буде дорівнювати $\left(\frac{k}{z} - \frac{k}{z'}\right)$, а по довжині кола збільшиться в $\frac{z}{k}$ і складе

$$\left(\frac{k}{z} - \frac{k}{z'}\right) \frac{z}{k} = \frac{z' - z}{z'}.$$

Визначення величини додаткового довороту заготовки можна також пояснити за схемою, що наведена на рис. 3.11.

При переміщенні фрези вона на заготовці утворить гвинтовий слід $ADEK$, причому на ділянці витка від A до B (на довжині кола) розташовується z' зубів (результат настроювання ланцюга обкатки). Якщо $z' < z$, то фреза перетинає зуб, з якого почалася обробка в точці K , якщо $z' > z$ в точці F , тобто на заготовці нарізуються косі зуби. Щоб одержати прямий зуб, потрібно заготовці надати додатковий доворот, який становить $\frac{z' - z}{z'}$ при переміщенні фрези на величину подачі або за один оберт заготовки.

Кінематика верстата забезпечує взаємозв'язок між обертанням фрези, заготовки (стола) і подачею фрези. За один оберт стола фреза переміщається на величину подачі S_ϕ мм. Отже, за час переміщення фрези на величину подачі S_ϕ , або за один оберт заготовки, заготовка через ланцюг диференціала повинна одержати $\frac{z' - z}{z'}$ додаткових обертів.

Розрахункове переміщення

$$\begin{array}{l} S_\phi \text{ мм подачі фрези} \\ \text{або} \\ 1 \text{ об. заготовки} \end{array} \left[\begin{array}{c} \text{ } \\ \text{ } \\ \text{ } \end{array} \right] \longrightarrow \frac{z' - z}{z'} \text{ дод. об. заготовки} \quad (3.4)$$

Рівняння кінематичного балансу

$$\begin{array}{l} \frac{S_\phi}{10} \frac{30}{2} \frac{38}{38} \frac{38}{38} \\ \text{або} \\ 1 \frac{72}{1} \frac{1}{24} \frac{S_\phi}{2} \end{array} \left\{ \begin{array}{l} \frac{36}{54} \frac{A_2}{B_2} \frac{C_2}{D_2} \frac{3}{27} 2 \frac{24K}{z'} \frac{1}{72} = \frac{z' - z}{z'} \end{array} \right. \quad (3.4,a)$$

де $\frac{S_\phi}{2}$; 2 ; $\frac{24k}{z'}$ - передаточні відношення гітари подач, диференціала і гітари обкатки.

Формула настроювання гітари диференціала

$$i_{z.\text{диф}} = \frac{A_2}{B_2} \frac{C_2}{D_2} = \frac{27}{2} \cdot \frac{z' - z}{k \cdot S_\phi} \quad (3.4,б)$$

ПРИМІТКА: Щоб спростити підбирання змінних коліс гітари обкатки приймаємо z' таким, для якого просто підібрати змінні колеса.

Наприклад, якщо $z = 103$, $k = 1$, то можна прийняти $z' = 103,2$, тоді

$$i_{z.обк} = \frac{24k}{z'} = \frac{24 \cdot 1}{103,2} = \frac{1}{4,3} = \frac{20}{43} \cdot \frac{1}{2}.$$

Зазвичай приймають $z' - z$ менше одиниці. Якщо прийняти: $z' - z = 1$, $S_g = 1$ мм/об і $k = 1$, то передаточне відношення з попереднього прикладу буде дорівнювати 13,5.

Таке передаточне відношення важко забезпечити за допомогою двох пар змінних коліс.

Нарізання косозубих коліс

Зуби косозубих коліс розташовані на ділільному колі під кутом β^0 до осі заготовки та утворюють гвинтову поверхню із кроком спіралі T , тому косозубі колеса іноді називають спіральними, а при більшому куті підйому - гвинтовими.

При обробці косозубих коліс фреза та заготовка виконують ті ж рухи і залишають такий самий слід на заготовці, як і при настроюванні на z' зубів (рис. 3.12), причому зуби розміщаються на гвинтовій поверхні $ADEF$ або $ADEFBK$.

З рис. 3.12 видно, що на одному витку заготовки від точки A до точки B прорізається $z' = z \pm \Delta z$ зубів.

Додаткове число зубів, розташованих на дузі BC (BC') можна визначити, якщо дугу поділити на торцевий крок заготовки, а якщо поділити на довжину ділільного кола заготовки, то одержимо частину кола, що займають ці зуби:

$$\Delta z = \frac{S_g \cdot \operatorname{tg} \beta}{\pi \cdot m_s} = \frac{S_g \cdot \sin \beta}{\pi \cdot m_n} \text{ додаткових зубів;}$$

$$\Delta z = \pm \frac{S_g \cdot \operatorname{tg} \beta}{\pi m_s z} = \pm \frac{S_g \cdot \sin \beta}{\pi m_n z} \text{ додаткових обертів заготовки.}$$

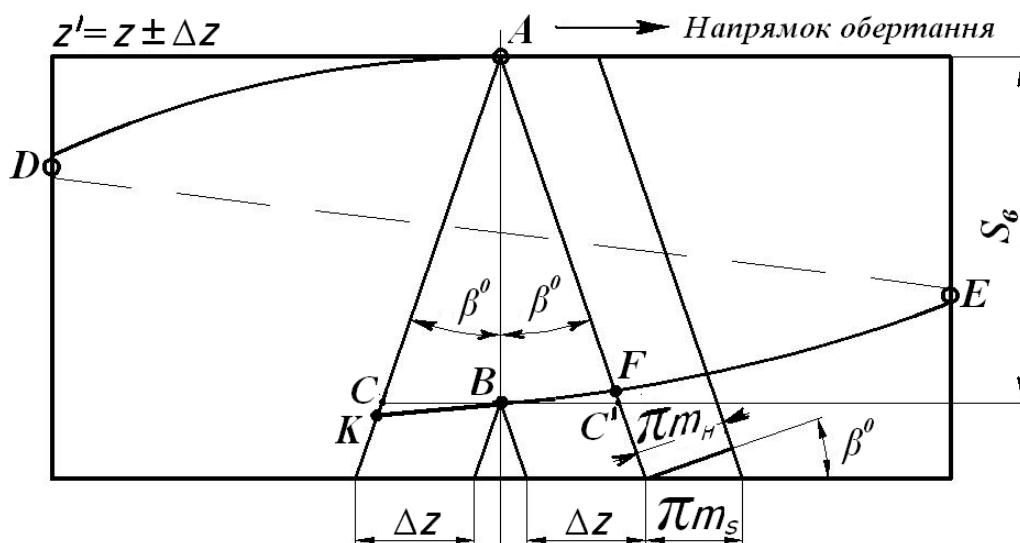


Рис. 3.12. Схема визначення додаткових зубів на витку заготовки

Якщо між напрямком обертання заготовки і зубом (у бік подачі) кут $(90^\circ + \beta)$ знак плюс, в іншому випадку – знак мінус.

Узгодити обертання фрези та заготовки можна двома методами:

А. Бездиференціальним настроюванням - настроюється тільки ланцюг обкатки.

Б. Диференціальним настроюванням - настроюються два ланцюги: обкатки і диференціала.

А. Бездиференціальне настроювання

1. Настроюється ланцюг головного руху за формулами (1), (1а).

2. Настроюється ланцюг подач за формулами (2), (2а), (2б).

3. Настроюється ланцюг обкатки.

За 1 один оберт фрези заготовка повинна зробити $\frac{k}{z \pm \Delta z}$ обертів.

Розрахункові переміщення

$$1 \text{ об.фрези} \longrightarrow \frac{k}{z \pm \Delta z} \text{ об.заготовки} \quad (3.5)$$

Рівняння кінематичного балансу за розрахунковими переміщеннями (3.5):

$$1 \cdot \frac{48}{16} \cdot \frac{26}{26} \cdot \frac{26}{26} \cdot \frac{36}{24} \cdot \frac{22}{33} \cdot 1 \cdot i_{z.обк} \cdot \frac{1}{72} = \frac{k}{z \pm \Delta z} \quad (3.5,a)$$

Формула настроювання гітари обкатки із рівняння (3.5,a):

$$i_{z.дил.} = \frac{24k}{z \pm \Delta z} = \frac{24k}{z \pm \frac{S_g \cdot \sin \beta}{\pi \cdot m_n}} \cdot$$

Бездиференціальне настроювання має наступні недоліки:

1) Важко підібрати змінні колеса, тому що у формулі настроювання є дробова величина;

2) При зміні величини подачі з метою підвищення продуктивності або якості, треба перенастроїти не лише гітару подач, а й гітару обкатки, тому що її формула містить значення подачі.

Б. Диференціальне настроювання верстата на нарізання косозубих коліс

При диференціальному настроюванні верстата узгодження обертання фрези і стола (заготовки) забезпечується, як повідомлялося вище, за рахунок настроювання двох ланцюгів -ланцюга обкатки, по якому передається основна частина руху, і ланцюга диференціала, по якому передається додаткова частина руху.

Настроювання верстата виконується в наступній послідовності.

1. Настроюється ланцюг головного руху за формулами (3.1), (3.1,а).
2. Настроюється ланцюг подач за формулами (3.2), (3.2,а), (3.2,б).
3. Настроюється ланцюг обкатки. За один оберт фрези заготовка по ланцюгу обкатки заготовка одержує $\frac{k}{z}$ обертів.

Розрахункові переміщення

$$1 \text{ об. фрези} \longrightarrow \frac{k}{z} \text{ об. заготовки,}$$

тобто ланцюг обкатки наструюється як при бездиференціальному наструюванні на нарізання прямозубих коліс за формулами (3.3), (3.3,а), (3.3,б).

4. Настроюється ланцюг диференціала. За один оберт заготовки чи за переміщення фрези на величину подачі заготовка повинна одержати по ланцюгу диференціала $\pm \frac{S_g \cdot \sin \beta}{\pi \cdot m_H z}$ додаткових обертів:

Розрахункові переміщення:

$$\begin{array}{l} 1 \text{ об. заготовки} \\ \text{або} \\ S_g \text{ мм переміщення фрези} \end{array} \left[\begin{array}{l} \text{ } \\ \text{ } \\ \text{ } \end{array} \right] \longrightarrow \pm \frac{S_g \cdot \sin \beta}{\pi \cdot m_H z} \text{ дод. об. заготовки. (3.6)}$$

Рівняння кінематичного балансу за розрахунковими переміщеннями (3.6):

$$\begin{array}{l} 1 \frac{72}{1} \frac{1}{24} \frac{S_g}{2} \\ \text{або} \\ \frac{S_g}{10} \frac{30}{2} \frac{38}{38} \frac{38}{38} \end{array} \left\{ \begin{array}{l} \frac{36}{54} \cdot i_{z, \text{диф.}} \cdot \frac{3}{27} 2 \frac{24k}{z} \frac{1}{72} = \pm \frac{S_g \cdot \sin \beta}{\pi \cdot m_H z} \end{array} \right. \quad (3.6, \text{а})$$

Формула наструювання гітари диференціала із рівняння (3.6,а):

$$i_{z, \text{диф.}} = \pm \frac{27}{2} \cdot \frac{\sin \beta}{\pi \cdot m_H k}.$$

Використовують також ланцюг диференціала для виправлення похибки настроювання ланцюга обкатки і одержання спіралі. Іноді при нарізуванні косозубих коліс через відсутність змінних коліс не можна одержати точне передаточне відношення гітари обкатки, тому гітару обкатки настроюють для обкатки на z' зубів замість z . У цьому випадку ланцюг диференціала повинен забезпечити додаткові довороти стола на $\frac{z' - z}{z'}$ для виправлення похибки, що її внесено гітарою обкатки, і $\pm \frac{S_g \cdot \sin \beta}{\pi \cdot m_H z}$ для утворення спіралі.

Настроювання верстата виконується в наступній послідовності:

1. Настроюється ланцюг головного руху за формулами (3.1), (3.1,а).
2. Настроюється ланцюг подач за формулами (3.2), (3.2,а), (3.2,б).
3. Настроюється ланцюг обкатки за формулами (3.3), (3.3,а), (3.3,б).
4. Настроюється ланцюг диференціала.

За час переміщення фрези на величину подачі S_g мм, або за 1 об. заготовки, заготовка по ланцюгу диференціала додатково одержує доворот, рівний $\frac{z' - z}{z'} \pm \frac{S_g \sin \beta}{\pi \cdot m_H z}$ об.заготовки.

Розрахункове переміщення

$$\begin{array}{l} S_g \text{ мм переміщення фрези} \\ \text{або} \\ 1 \text{ об. заготовки} \end{array} \rightarrow \frac{z' - z}{z'} \pm \frac{S_g \sin \beta}{\pi \cdot m_H z} \text{ дод. об.заготовки. (3.7)}$$

Рівняння кінематичного балансу. Див. формули (3.4,а) і (3.6,а).

Формула настроювання гітари диференціала із врахуванням (3.7):

$$i_{z.dif.} = \frac{27}{2} \left(\frac{z' - z}{z'} \pm \frac{S_g \sin \beta}{\pi \cdot m_H k} \right).$$

3.2.3. Настроювання верстата на обробку заданої деталі

1. За даними для настроювання, отриманими у викладача, визначають передаточні відношення гітар і підбирають змінні колеса.

Комплект змінних коліс:

а) гітари обкатки: 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30 (2шт.), 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 49, 50, 51, 52, 53, 54, 55, 56, 57, 58, 59, 60, 62, 63, 64, 65, 66, 67, 69 (2шт.), 70 (2шт.), 71, 72 (2шт.), 73, 74, 75, 77, 78, 79, 80, 84, 85, 86, 87, 89, 90, 91, 92, 93, 94, 95, 96, 97, 98, 99, 100 (2шт.), 127.

б) гітари диференціала і подачі: 20 (2шт.), 21, 22, 23, 24, 25 (2шт.) 26, , 27, 30, (2шт), 31, 32 (2шт.), 33, 34, 35 (2шт), 36, 37, 38, 39, 40 (2шт.), 41, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 49, 50 (3шт.), 51, 52, 53, 54, 55, 56, 57, 58, 59, 60 (2шт.), 65, 66, 68, 69, 76, 80 (2шт.).

2. Встановлюють і закріплюються змінні колеса гітар.

3. Встановлюють і закріплюють фрезу в шпинделі.

3. Фрезерну головку встановлюють на відповідний кут $\varphi = \beta \pm \omega$.

4. Заготовку закріплюють на оправці, встановлюють в центра і зв'язують повідком з столом верстата.

5. Рукоятки коробки швидкостей встановлюють в положення, що забезпечують задані оберти фрези.

6. Обертанням рукоятки вертикального переміщення супорта фрезу встановлюють на рівні заготовки.

7. Обертанням рукоятки ручного переміщення стіл із заготовкою підводять до фрези для визначення положення стола, при якому фреза торкається поверхні заготовки.

8. Фрезу переміщують вгору.

9. Стіл додатково переміщують до фрези на глибину різання, яка дорівнює висоті зуба.

10. Фрезу вручну переміщують вниз до контакту із заготовкою і зупиняють.

11. Вмикається задана вертикальна подача від приводу.

3.2.4. Варіанти завдань для кінематичного настроювання верстата

В таблиці 3.2 наведені вихідні дані для настроювання зубофрезерного верстата на нарізання зубчастих коліс.

Таблиця 3.2. Варіанти індивідуальних завдань для настроювання зубофрезерного верстата на нарізання циліндричних косозубих коліс

№ вар.	Діаметр фрези $D_{фр}$, мм	Модуль m_n , мм	Число заходів фрези, k	Кут підйому витка, ω	Вертикальна подача S_v , мм/об.заг.	Швидкість різання, V , м/хв.	Число зубів, Z	Кут нахилу зубів, β , град
1	50	1,0	1	$1^0 12'$	0,2	15	88	8
2	50	1,125	1	$1^0 22'$	0,2	15	84	8
3	50	1,25	1	$1^0 32'$	0,3	15	82	8
4	50	1,375	1	$1^0 42'$	0,3	15	78	10
5	55	1,5	1	$1^0 41'$	0,4	14	64	10
6	55	1,75	1	$1^0 58'$	0,4	14	62	10
7	55	1,0	2	$2^0 11'$	0,5	14	75	12
8	55	1,125	2	$2^0 28'$	0,5	14	72	12
9	55	1,25	2	$2^0 46'$	0,5	14	68	12
10	55	1,375	2	$3^0 03'$	0,6	14	65	14
11	60	1,5	2	$3^0 03'$	0,6	16	48	14
12	60	1,75	2	$3^0 36'$	0,6	16	57	14
13	60	1,0	3	$2^0 59'$	0,7	16	63	15
14	60	1,125	3	$3^0 23'$	0,7	16	55	15
15	60	1,25	3	$3^0 47'$	0,7	16	50	15
16	65	2,0	1	$1^0 55'$	0,8	17	43	16
17	65	2,25	1	$2^0 10'$	0,8	17	41	16
18	65	1,375	3	$3^0 51'$	0,8	17	44	16
19	70	2,5	1	$2^0 15'$	0,9	18	38	17
20	70	2,75	1	$2^0 30'$	0,9	18	40	17
21	70	2,0	2	$3^0 32'$	1,0	18	45	18
22	70	1,5	3	$3^0 54'$	1,0	18	52	18

3.2.5. Техніка безпеки під час роботи на верстаті

1. Перевірити працездатність індивідуального ввідного вимикача верстата та органа аварійного вимкнення.
2. Ввімкнути пристрій місцевого освітлення індивідуальним вимикачем.
3. Перевірити правильність базування та кріплення заготовки.
4. Спостереження за ходом обробки проводиться тільки в присутності викладача чи лаборанта.
5. При виникненні несправності студенти не допускаються до її самостійного усунення.

Пуск верстата дозволяється здійснювати тільки в присутності лаборанта або викладача, який проводить навчання

3.2.6. Оформлення звіту

Звіт з лабораторної роботи оформлюється в 1 прим. на бригаду у кількості 4 – 6 студентів у вигляді протоколу на листах формату А4. Рекомендована структура звіту:

1. Титульна сторінка з назвою лабораторної роботи, прізвищами членів бригади та викладача, номером групи та датою складання протоколу.
2. Загальні відомості про технологічні можливості верстата.
3. Кінематична схема верстата.
4. Перелік формоутворюючих рухів верстата.
5. Розрахункові переміщення, рівняння кінематичного балансу та формули настроювання всіх формоутворюючих рухів верстата.
6. Виконані індивідуальні завдання кожного з членів бригади за даними табл. 3.2.

3.2.7. Контрольні запитання

1. Які призначення та принцип роботи зубофрезерних верстатів, що працюють черв'ячною фрезою?
2. Які схеми встановлення фрези при нарізанні циліндричних коліс?
3. Яке призначення диференціального механізму і як визначити його передаточні відношення?
4. Яка послідовність бездиференціального настроювання верстата при нарізанні прямозубих коліс?
5. Яка послідовність диференціального настроювання верстата при нарізанні прямозубих коліс?

6. Яка послідовність бездиференціального настроювання верстата при нарізанні косозубих коліс?
7. Яка послідовність диференціального настроювання верстата при нарізанні косозубих коліс?

ЛІТЕРАТУРА

1. Данильченко Ю.М., Шевченко О.В., Ковальов В.А., Волошин В.Н. Металообробне обладнання. Кінематичний аналіз металорізальних верстатів: Навч. посіб. – К.: НТУУ «КПІ», 2007. – 60 с.
2. ГОСТ 2.770-68 (СТ СЭВ 2519-80). Единая система конструкторской документации. Обозначения условные графические в схемах. Элементы кинематики. – М: ИПК Изд.стандартов, 1998.- 13 с.
3. Металлорежущие станки. Учеб. пособие для втузов. Н.С. Колев, Л.В. Красниченко, Н.С. Никулин и др. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1980. – 500 с.
4. Камышный Н.И., Стародубов В.С. Конструкции и наладка токарных автоматов и полуавтоматов. Учебник для СПТУ. – 4-е изд. перераб. и доп. -М.: Высш. школа, 1988.– 256 с.
5. Металлорежущие станки и автоматы: Учебник для машиностроительных втузов / Под. ред А.С. Проникова. – М.: Машиностроение, 1981. – 479 с.
6. ГОСТ 8615-89. Головки делительные универсальные. Общие технические условия. – М: Изд.стандартов, 1989.- 13 с.
7. Теплицкий Б.М., Мазо Г.И. Делительные механизмы. Справочное пособие.- Л.: Машиностроение, 1974. – 280 с.
8. Металорізальні верстати. Розділ «Кінематичний аналіз металорізальних верстатів»: Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт для студентів спеціальності «Металорізальні верстати та системи» / Уклад. О.В. Шевченко, І.І. Верба. – Київ: НТУУ «КПІ», 2011. – 58 с. (Електронне видання, Свідоцтво НМУ № Е10/11-180 від 03.02.2011 р.).